BIBLIOTECA BASICA INFORMATICA

REDES DE COMUNICACIONES 33



INGELEK

BIBLIOTECA BASICA INFORMATICA

REDES DE COMUNICACIONES 33

INGELEK

Director editor:
Antonio M. Ferrer Abelló.

Director de producción:
Vicente Robles.

Coordinador y supervisión técnica:
Enrique Monsalve.

Redactor técnico:
José Luis Benito

Colaboradores:
Casimiro Zaragoza.

Diseño:
Bravo/Lofish.

Dibujos:
José Ochoa.

ISBN del tomo: 84-85831-80-2
ISBN de la obra: 84-85831-31-4
Fotocomposición Pérez Díaz, S. A.
Imprime: Héroes, S. A.
Depósito legal M-23.049-1986
Precio en Canarias, Ceuta y Melilla: 380 pts.

INDICE

PROLOGO



Parece que el futuro reserva un buen porvenir a las redes locales como alternativa a otros tipos de mecanización. No será muy extraño ver dentro de unos pocos años (muy pocos) redes locales en oficinas, colegios, universidades, fábricas; en fin, en todos los sitios en que ahora hay o habrá un PC. Es muy significativo que IBM empiece a usar en su serie 34 la misma red local que en los PC. Su influencia en el mercado se hará sentir inmediatamente.

Las redes locales ofrecen un futuro muy prometedor y todo el mundo comienza a hablar de ellas. Existen ya numerosas publicaciones acerca del tema, pero la mayoría de ellas están a un nivel demasiado alto como para que el usuario o aficionado puedan acceder a su contenido.

Nosotros hemos pretendido dar una cierta estructura a la obra; para ello hemos recurrido a la misma estructura en niveles que tienen las normas relativas a las redes locales en particular y al proceso distribuido en general.

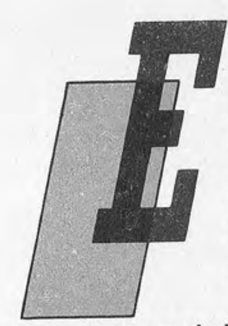
El eje del libro mantiene una estructura en torno a la normativa OSI, aceptada internacionalmente; así se emplea un capítulo para cada nivel de esta norma y, cómo no, otro capítulo describe la geometría o topología de las redes locales. Un capítulo genérico sobre transmisiones digitales aclara muchos conceptos que se oyen en la calle, pero que sólo entienden unos pocos eruditos. Por último, no iba a faltar un capítulo describiendo redes locales comerciales; realmente, quizá sea en este terreno donde más facilidad tenga el lector en encontrar un sinfín de revistas y catálo-

gos, pero no por ello hemos querido dejar de hablar del tema: una divulgación sobre redes locales que no hable de redes comerciales quedaría demasiado coja.

En resumen, el objetivo del libro es lograr que cuando usted lea un artículo de redes locales en cualquier revista sea capaz de entender lo que pone.

CAPITULO I

INTRODUCCION A LAS REDES LOCALES



En este primer capítulo se hace una pequeña historia de la aparición de las redes locales como consecuencia de la llegada de los microordenadores. A pesar de los pocos años que llevan funcionando las R.L. ya se pueden ver todas las aplicaciones más o menos inmediatas que tendrán. También se hace un pequeño estudio de las cualidades que debe tener una red local. Por último se trata de enmarcar a las R.L. dentro del marco general del proceso distribuido, para lo cual se aplica el modelo ISO a las R.L.

Origen de las redes locales

No hace demasiados años todo el mundo tenía la idea de que un ordenador era un inmenso aparato de cálculo metido dentro de un gran edificio. Salas acondicionadas con controles de humedad y temperatura, montones de máquinas despidiendo ruido y calor. Y, sin embargo, este ambiente tenía algo de mágico. Realmente no descubriremos ningún secreto si decimos que todo lo que hacían aquellas enormes máquinas lo hacen ahora otras que más parecen juguetes.

Llegó la época de los primeros ordenadores industriales, las primeras hornadas de máquinas cuyo uso no estaba destinado únicamente a los gobiernos o a los investigadores. Por fin, los ordenadores salían al mundo exterior. Ahora bien, el número de éstos era realmente limitado; sólo unas cuantas compañías tuvieron acceso a uno y muy pocas personas podían alcanzarlos.. Es más, el

estar en contacto con aquellos artilugios era de por sí un privilegio: "¡He estado en un Centro de Cálculo!" (los más eruditos los llamaban Centro de Proceso de Datos) era una frase que se decía con orgullo y que se escuchaba con envidia.

Manejar los ordenadores..., bueno, eso ya no tenía calificativo. ser una de las pocas personas que manejaba asiduamente las máquinas indicaba una cierta distinción, si no social si técnica. Los usuarios no se atrevían (más bien no podían) ponerse en contacto con el ordenador directamente, lo hacían a través de intermediarios y ni siquiera veían al operador.

El método usual de comunicación con el ordenador fue durante mucho tiempo a través de las antiguas tarjetas perforadas. El ordenador las procesaba en lotes (Fig. 1) y como resultado nos devolvían un papel con el listado de los errores que habíamos cometido. ¡Realmente era difícil acertar a la primera!

El primer paso fundamental de cara a los usuarios sucedió allá por los años sesenta; al igual que las olas musicales aparece como novedad la moda de los ordenadores que trabajaban por tiempo compartido (Fig. 2). Esta técnica (hoy extendida a los pequeños ordenadores) está basada en asignar bloques de tiempo a los usuarios, de forma que cada uno de ellos dispone por unos instantes, cada cierto tiempo, de toda la potencia del ordenador. Dada la alta velocidad de procesamiento, cada usuario podía creer razonablemente que él era el único que estaba trabajando. El efecto es realmente como si todo el centro de cálculo estuviese a disposición de uno mismo. ¡Insólito!

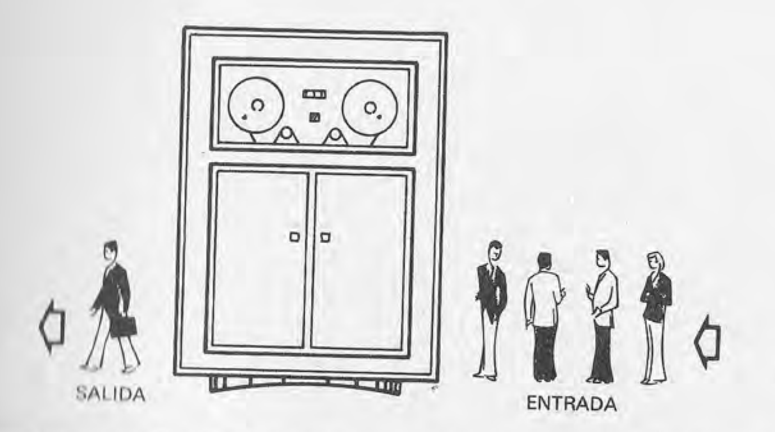


Figura 1.—En el trabajo en lotes (BATCH) se introduce un trabajo y cuando se termina se introduce otro.

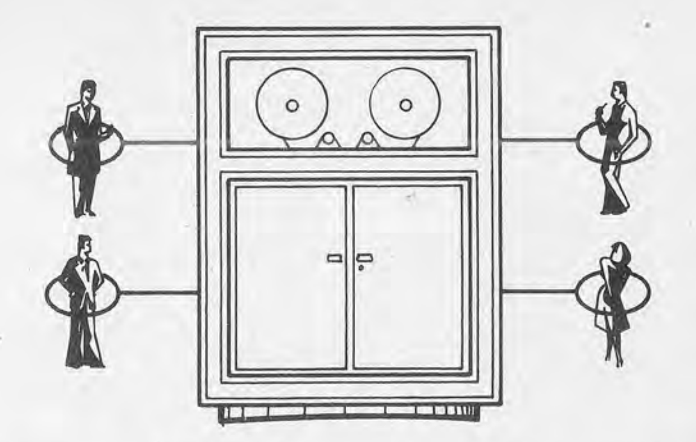


Figura 2.—En el trabajo en tiempo compartido (Timesharing) cada usuario dispone durante unos instantes de toda la potencia del ordenador.

Esto constituye un paso importante, ya que los usuarios empiezan a acercarse a las máquinas. Fundamentalmente dos circunstancias favorecen que esto suceda: De un lado, la tecnología se encarga de modificar la arquitectura interna de las máquinas, consiguiendo que cada vez sean más pequeñas y potentes; de otro lado, el uso extensivo de los teletipos abre camino a lo que luego serían los terminales de usuario.

Con el advenimiento de los miniordenadores a finales de los sesenta empiezan los primeros escarceos serios en el campo de las comunicaciones entre ordenadores. En poco tiempo han cambiado tanto las cosas que ya no se trata de la comunicación entre el usuario y la máquina, sino de conseguir que dos máquinas se entiendan entre sí. Lo primero, por ser lo más inmediato, fue utilizar los hilos ya tendidos para las comunicaciones telefónicas. ¡Quien lo iba a decir! ¿Qué dirían nuestros abuelos? Por los cables por los que ellos hablaban se comunicaban ahora los ordenadores. ¿Qué tendrían que decirse esos cacharros?, se preguntarían, y no era para menos.

No está de más decir que proyectos militares norteamericanos fueron importantes impulsores de las comunicaciones entre ordenadores. En realidad, lo que buscaban era tener una potencia grande de cálculo, mayor que la del mejor ordenador posible, y lo que se les ocurrió fue que varios ordenadores juntos "piensan" más que uno. A esto había que unir el que las máquinas eran varias y podían estar distantes, con lo cual el perder una de ellas no

suponía perder todo, sino sólo una pequeña parte. Si una máquina queda fuera de servicio apenas se resiente el sistema total; sería muy distinto si todo dependiese de un gran ordenador central, la cosa tenía su lógica.

Las comunicaciones entre ordenadores revolucionaron los tradicionales sistemas de hilos telefónicos, que fueron sustituidos por otros soportes físicos de mayor capacidad. Al mismo tiempo aparecen un sinfín de aparatos, tales como: modems, concentradores, multiplicadores, etc., que se oyen mucho nombrar, pero pocos realmente saben lo que son.

También los ordenadores se hacen ya pensando en que serán comunicados con otros congéneres; así, si antes lo único que se podía hacer era conectar los ordenadores que había a través de los medios ya existentes, hoy podemos aseverar que muchos ordenadores se hacen pensando en las comunicaciones y que las líneas se fabrican de forma que puedan transmitir a gran velocidad y de forma fiable los paquetes de datos.

De esta suerte hemos pasado de hablar del centro de proceso de datos a la transmisión de datos, de cómo comunicarnos con un ordenador a ver cómo lo hacen ellos entre sí.

Aunque parezca un tanto extraño, en España la Compañía Telefónica no perdió el tren y en 1971 ya inauguró la Red Especial de Transmisión de Datos. Desde luego el resultado fue notable y lo cierto es que si no se hubiera hecho entonces hoy en día tendríamos un innumerable caos de redes privadas e incompatibles o, a lo peor, no tendríamos nada.

Ultimamente, en la década de los ochenta, la tecnología utilizada por la CTNE para estos menesteres es de fabricación nacional, lo cual no hace sino el poner de manifiesto que sigue estando en órbita.

Aparición y aplicaciones de las redes locales

La sociedad ha ido evolucionando y últimamente, en alguna medida, con y gracias a los ordenadores. Indudablemente no es posible tratar el desarrollo de los últimos años sin tener en cuenta el de los ordenadores; aún más, desde la crisis económica debida al alza del precio del petróleo a principios de los setenta, sin los ordenadores probablemente no hubiera habido tal desarrollo.

Las grandes compañías fabricantes de ordenadores, como IBM, Digital, etc., pensaron que la mejor forma de hacer llegar el ordenador a todas las empresas era con ordenadores no tan gigantes como los de los centros de cálculo y a los que poder conectar muchos terminales; nace así el proceso distribuido (Fig. 3).

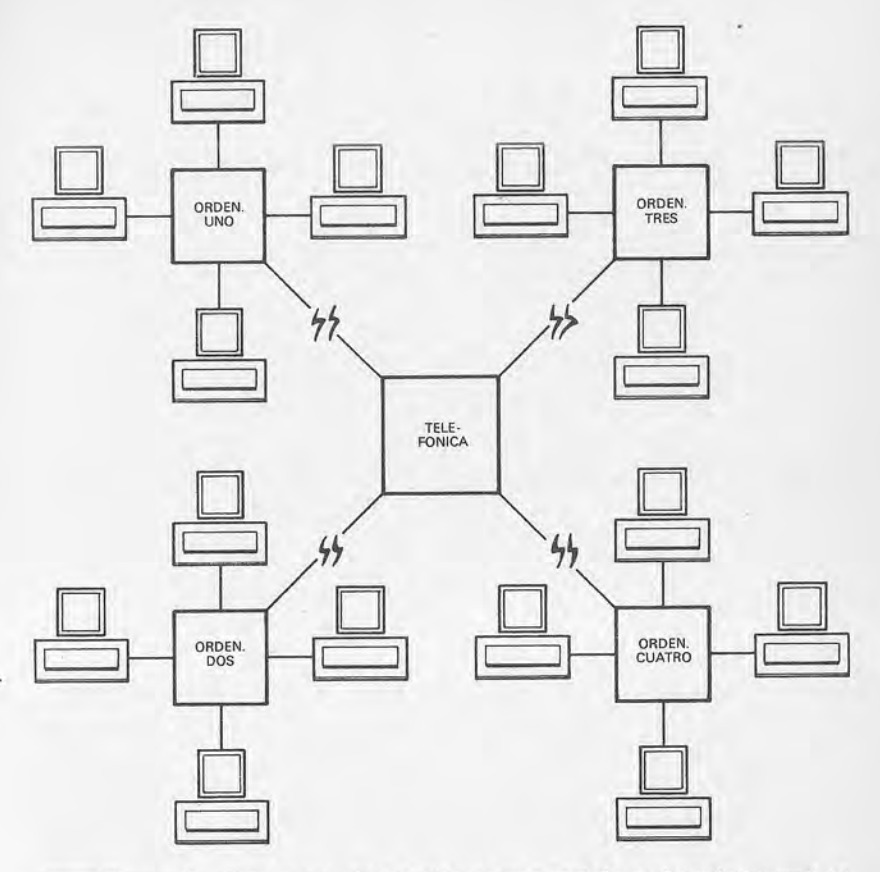


Figura 3.—El proceso distribuido es una red de ordenadores que se conectan entre sí gracias a los medios de la compañía telefónica.

Empiezan a aparecer los primeros terminales para tratamiento de textos y programas para utilización de los usuarios.

Pero un hecho en primera instancia insignificante estuvo a punto de dar al traste con los planes de las grandes empresas informáticas. Fue la aparición de los microordenadores lo que realmente convulsionó el mercado informático. Muchas empresas que ni siquiera se habían planteado la posibilidad de adquirir un ordenador se encontraron de la noche a la mañana con el reto de aprender a manejarlo.

En este lustro se ha producido una auténtica invasión de pequeños ordenadores en todas las empresas, talleres, estudios, hasta en los hogares. Una avalancha de marcas, modelos, series..., han

inundado todos los rincones a lo largo de los ochenta, y esto es sólo el comienzo.

La sociedad, dentro de su evolución y al tiempo que la de las máquinas, ha ido descubriendo que en muchos casos la informática tiene que estar donde esté el usuario y salir del Centro de Cálculo. En no pocas ocasiones se resuelven grandes problemas con pequeños ordenadores; cada día va siendo más habitual el ver pequeños ordenadores encima de las mesas de despachos.

No resulta, pues, extraño el pensar que aparezca la necesidad de conectar estas máquinas unas con otras, tal y como ocurría con sus predecesoras. Una oficina moderna empieza a tener muchos elementos electrónicos, tales como: microordenadores, terminales, télex, facsímil, copiadoras, teléfonos... Toda esta ingente cantidad de "electrodomésticos" de oficina tienen algo en común: transportan o almacenan información.

Si en el caso de los grandes ordenadores fue necesario establecer una comunicación entre ellos, en los niveles referidos ahora no lo es menos. En realidad la misión de las Redes Locales es simple: comunicar microordenadores entre sí a fin de que puedan transmitirse datos de unos a otros y compartir recursos (Fig. 4).

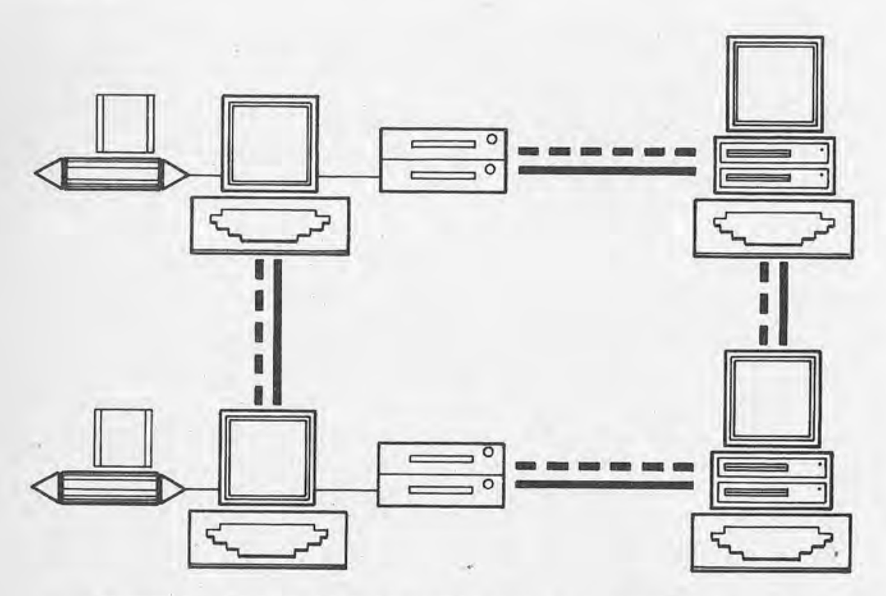


Figura 4.—En la red local tenemos varios microordenadores conectados entre sí que comparten recursos: discos, impresoras, programas.

Un pequeño ordenador, por si solo, tiene una capacidad de actuación realmente limitada; la situación cambia inesperadamente si puede acceder a información de otro sitio o si es capaz de enviarla. La experiencia está demostrando que en un gran número de casos varios microordenadores conectados entre sí funcionan mejor que uno grande. Las personas que manejan información tienen que tenerla en su despacho y no ir a buscarla al Centro de Cálculo.

Los datos, los programas de usuario, los textos, las hojas electrónicas se mantienen vivos y se perfeccionan a nivel local. Esta desmitificación de la informática ha permitido un incremento brutal del número de usuarios, pero al mismo tiempo ha obligado a unos desarrollos de las máquinas y de su correspondiente programación también impresionante.

Los mecanismos técnicos que permiten esta comunicación integrada de varios microordenadores en un área definida constituyen las redes locales. En los países sajones las redes locales se denominan LAN (Local Area Network), por eso no resulta extraño el verlas nombradas de esa forma.

Una LAN o R.L. podría definirse como un sistema de comunicaciones que permite establecer el diálogo a un gran número de usuarios entre sí, a una gran velocidad (50 Mb/seg), en un espacio reducido (algunos kilómetros) y con un pequeño porcentaje de errores.

Por la forma en que han nacido estas redes locales nos atrevemos ya de alguna manera a adelantar los usos fundamentales de las mismas:

- Transferencia de ficheros.
  Nos referimos sobre todo a los datos que se pueden enviar desde una estación a otra del tipo de ficheros de textos, datos relativos al control de un departamento o cosas similares. Son los datos más comúnmente utilizados.
- Transferencia de voz.
  Fueron las compañías telefónicas las primeras en digitalizar la voz, esto es, convertir los sonidos que emitimos en paquetes de "0" y "1". Este sistema fue inventado para permitir que por un mismo cable viajen al mismo tiempo miles de conversaciones telefónicas. Ya que sabemos convertir la voz en signos manejables por los ordenadores, ¿por qué no enviarlos a través de las R.L.?
  Si bien este uso no está aún muy extendido, no será extraño dentro de poco el ponernos a "hablar" con un ordenador.
- Transferencia de gráficos.
  Dado que la telefónica nos provee de un servicio de facsímil, ¿por qué no incorporarlo a nuestra R.L.? Existe ade-

maś un incipiente y prometedor campo de gráficos que se pueden ejecutar con pequeños (pero potentes) ordenadores. También podemos enviar nuestros gráficos a través de las R.L. Hay solamente un problema: la cantidad de caracteres que definen un dibujo es enormemente alta y esto saturaría nuestra red si no está preparada para ello. Afortunadamente las nuevas aplicaciones de CAD-CAM preparadas para microordenadores justifican el prever líneas rápidas que puedan soportar este tráfico.

En realidad, la misión de las redes locales, en definitiva, no es otra que la de compartir todos los recursos de un sistema, impresoras, comunicaciones remotas, unidades de almacenamiento masivo...

Como vemos, el campo de aplicación es amplio y prometedor, y en realidad solo estamos en el comienzo. Hace tan sólo algunos años que Corvus Systems sacó a la luz la primera respuesta comercial de R.L., y desde luego, hace todavía menos que Apple se incorporó a estas lides. La red Ethernet fue la que de alguna forma hizo ver claramente que no se estaba soñando despierto y que las comunicaciones eran posibles, aunque luego su nivel de implantación no fue tan espectacular como cabría esperar.

Pensemos en IBM: llegó hace muy poco al mundo de los microordenadores y menos todavía al de las R.L., lo cual hace pensar que en realidad estamos todavía bastante lejos de tocar techo. Si IBM llegó algo tarde al mundo de los microordenadores y hoy día sus resultados son buenos, no parece descabellado pensar que algo similiar ocurrirá con las R.L.

Cualidades básicas de una red

Veamos ahora algunas de las cualidades que deben cumplir las R.L. para que realmente sean útiles.

1. Rapidez

Los modernos microordenadores de despacho tienen una velocidad que satisface las exigencias de cualquier usuario. Esto es posible mediante el uso de procesadores muy rápidos, memorias con tiempo de acceso muy corto y con unidades de almacenamiento masivo realmente veloces. Pero no olvidemos que una cadena se rompe siempre por el eslabón más débil; de poco nos serviría el ordenador y la R.L. si a la hora de comunicarnos ésta fuese más lenta que las centralitas telefónicas de nuestros abuelos.

Normalmente es difícil prever el tráfico en la red, lo que supone un grave problema si queremos que siga funcionando ágilmente en las condiciones más desfavorables. Como ya hemos dicho anteriormente, los envíos de gráficos ocupan muchos caracteres y es previsible lo que puede ocurrir si todos los usuarios de la R.L. los enviaran al mismo tiempo.

Lo ideal es que la red sea capaz de soportar las velocidades a las que trabajan de forma interna los ordenadores; de esta manera podríamos considerarla como un bus más del ordenador. En un momento dado podríamos incluso considerar que la red actúa como un periférico del ordenador.

Estamos hablando de velocidades realmente grandes, velocidades que afectan incluso al medio físico de enlace. En una primera aproximación podemos decir que "los cables" que se usan para las R.L. más lentas son los pares trenzados. Si queremos aumentar la velocidad, además de utilizar otros circuitos electrónicos y otros programas, nos veremos obligados a utilizar otros medios físicos de transmisión, tales como el cable coaxial (el que se utiliza en las antenas de TV) y la fibra óptica.

2. Fácil manejo y mantenimiento

A fin de que una red cumpla su cometido, el usuario debe poder ejecutar todas las operaciones que ésta le permita con gran facilidad. De nada serviría el esfuerzo de conseguir enlazar ordenadores si luego uno no es capaz de hacer que se entiendan. Cualquier persona que sea capaz de manejar las aplicaciones típicas de su microordenador debe poder usar eficazmente todas las posibilidades de la R.L. El usuario debe conocer cómo enchufar los cables y cómo manejar los programas de comunicaciones nada más. Todos los procesos internos, tanto a nivel de circuitos como de programación de bajo nivel, deben ser completamente transparantes para él.

Asimismo, los componentes deben ser fiables y fácilmente sustituibles por el usuario en caso de avería.

Se trata, ante todo, de evitar la dependencia con respecto al exterior; cuanto menos tengan que intervenir los técnicos y/o especialistas, más útil y eficaz será la R.L. Quizá sea ésta la característica que decante a un usuario para su elección.

3. Relativo bajo coste

No hay que negar que aun hoy en día los precios son algo elevados. Es cierto que las R.L., al llevar la información donde antes no existía (al menos de la misma forma), están proliferando en gran medida, lo cual es siempre un factor importante de abaratamiento. También influye aquí que los elementos nuevos que se quieran incorporar a la red no añadan ninguna dificultad y que, además de disponer de más centros de comunicación, éstos em-

piecen a ser cada vez más baratos. La red debe ser capaz de adecuarse al medio y no al revés.

A nadie se le escapará, por ejemplo, que uno de los factores que más van a influir en el coste de red será la velocidad y el volumen de datos que queremos transportar: esto, además de condicionar los circuitos y programas, obligará al uso de un medio de transmisión de datos u otro.

Otro punto que puede incidir en el coste es la compatibilidad. Nuestra red debe estar convenientemente preparada para admitir el más variado número de elementos y de tal forma que la información circule entre ellos sin dificultad. No es nada desdeñable el que unos equipos sean compatibles con otros de distintos fabricantes, así nunca dependeremos de un solo proveedor, lo que nos dejaría en manos de éste. Aún más, nuestra red puede y debe ser conectable a otras redes locales y, por qué no, a redes exteriores; así el límite de la comunicación estará condicionado solamente por nuestra imaginación.

Realmente esta compatibilidad de redes no es fácil, unas veces porque cada fabricante intenta resolver las cosas a su manera y otras porque lo hacen a propósito. El resultado ha sido una gran mezcolanza de equipos, programas y sistemas del que difícilmente se puede hacer un catálogo completo.

A pesar de todo, y como veremos en la sección siguiente, existe una normativa a ciertos niveles, lo que asegura una estructura y un grado de compatibilidad.

Evolución de la normativa de comunicaciones

Antes de entrar en detalle en el modelo ISO de red local, veamos algo acerca de los organismos que, de alguna forma, ordenan las comunicaciones.

Quizá a primera vista uno no piensa en cosas como ésta, pero la realidad demuestra que sin un mínimo de orden sería imposible que nos comunicásemos.

El problema de crear normas no es nuevo para el hombre; hemos creado normas para casi todo, tenemos organismos que dictan leyes y normas desde nuestro pequeño pueblo hasta niveles mundiales. Parece ser que si no se dictan normas nunca nos ponemos de acuerdo: incluso a veces no llegamos ni siquiera a ponernos de acuerdo en lo que la norma tiene que decir y por fin, cuando llega la norma, luego pocos la cumplen. Así y todo parece que el tiempo que se dedica a estas cosas es, cuando menos, rentable.

Un ejemplo puede ser clarificador: actualmente están definidas cuántas emisoras de radio debe haber en una determinada

banda de frecuencias, con qué potencia pueden emitir y qué márgenes de desviación pueden tener. Si esto no fuese así con nuestro receptor de radio oiríamos la música con un fondo de comunicaciones de la policía, bomberos y ambulancias. Tal vez viéramos la televisión, pero con el sonido de una emisora italiana o con la emisora de taxis de la ciudad.

La aparición del telégrafo (comunicaciones utilizando medios eléctricos) es el hecho que provoca el nacimiento de una nueva etapa en las comunicaciones. Durante la primera mitad del siglo XIX las tierras se empiezan a poblar de los postes telegráficos y van confiriendo una estructura nueva al paisaje que perdura hasta nuestros días.

La primera regulación de la telegrafía eléctrica se produce en 1855. En 1865 nace en París la Unión Telegráfica Internacional; su fundación fue firmada por unos veinte países de todo el mundo.

En 1876 comienza la regulación de la utilización del teléfono, descubierto por Bell. A todo esto empiezan las primeras transmisiones vía radio en los años 1895 y 1896. Dado que las ondas de radio pueden pasar fácilmente de un país a otro sin que nadie lo pueda evitar (no es lo mismo que el cable), provoca en 1903 en Berlín la primera conferencia de la radio. Continuó después en 1906, donde aparecieron las primeras normas al respecto.

El gran auge de las comunicaciones hizo que en los años veinte existieran ya tres comités internacionales.

CCIF: Comité Consultivo Internacional de Teléfonos (1924)
CCIT: Comité Consultivo Internacional de Telégrafos (1925)
CCIR: Comité Consultivo Internacinal de Radio (1927).

En 1932 tuvo lugar en Madrid la conferencia del CCIT al mismo tiempo que la del CCIR, con lo que aprovecharon para llegar a un acuerdo cambiándose el nombre de ésta por el de UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones).

En 1956 el CCIF y el CCIT se unen bajo el nombre de CCITT (Comité Consultivo Internacional de Teléfonos y Telégrafos). Son miembros de este comité las compañías oficiales y privadas que tienen servicios públicos de comunicaciones de casi todos los países del mundo. Seguro que alguna vez hemos oído hablar de V.24 o tal vez de X.25: todas estas normas que empiezan por "X" o "V" fueron dictadas por el CCITT. Suelen ser normas de transmisión de datos a través de la red telefónica o télex (las del tipo "V") y de transmisión a través de redes públicas (las de tipo "X").

Si hubiera un único organismo que dicte normas, las cosas estarían más o menos claras, pero no es así: IFIP, ECMA, ANSI, EIA, FTSC... son nombres de organizaciones creadas para la normalización de las comunicaciones.

En los años sesenta empieza la normalización de la transmisión de datos. Las principales organizaciones que intervienen en esta normativa son:

En Europa:
CCITT (ya citado).
ECMA (Asociación de Fabricantes Europeos de Ordenadores).

En América:
ANSI (American National Standards Institute).
EIA (Electronics Industries Association).
ISO (International Standars Organization).

Una vez que se tiene claro lo que hace cada organismo se empiezan a entender algunas cosas; aun así, existen trabajos paralelos, duplicados y no siempre coincidentes.

Durante los sesenta e inicios de los setenta se hicieron algunas normas de protocolos de comunicaciones y de conexiones eléctricas y mecánicas. Pero la realidad es que cada fabricante aplicaba fundamentalmente sus propias normas en detrimento de la compatibilidad.

El ISO (Organización Internacional de Normalización) se ocupa de recopilar recomendaciones de varios países y de organismos profesionales. Dentro del campo de la informática creó en 1977 un grupo de estudio encargado de los sistemas distribuidos.

En 1983 sendas normas de ISO y del CCITT dan como resultado la especificación OSI (Open Systen Interconnection, Interconexión de Sistemas Abiertos): esta recomendación se ha tomado como base en muchos casos para la conexión de sistemas informáticos.

Estas normas definen qué es un sistma abierto, qué elementos lo componen y las relaciones entre ellos.

Se introduce el concepto de sistema abierto, que lo que hace es posibilitar la comunicación con otro sistema que cumpla las mismas normas; para ello se ha desarrollado una estructura de siete niveles que permite atacar el problema dividiéndolo en partes a fin de facilitar su resolución.

La recomendación OSI

La recomendación OSI parece que se ha convertido en un estándar, por lo que haremos hincapié en ello.

La idea de OSI es definir un conjunto de normas que permitan mediante su uso conectar ordenadores de distintas marcas y

modelos utilizando los sistemas públicos de transmisión de datos. A partir de ahí surge su traslación a las R.L. Al establecer la norma de OSI se tuvo en cuenta también que existían otras normas y se hizo de tal forma que fuesen ampliamente compatibles.

La idea fundamental es establecer una arquitectura de funciones jerarquizada, con distintos niveles y asignando una función a cada uno de ellos. Esto supone de alguna forma un aire nuevo en cuanto a las normas: tener en cuenta a los demás y repartir bien las funciones.

El modelo OSI data en sus inicios de 1977, pero en realidad entonces era sólo un proyecto al que le faltaba aún el contenido; el modelo ha ido rellenándose poco a poco, acogiendo en su seno cada vez más normas, muchas de ellas del CCITT. El núcleo consiste en la división de la comunicación en siete niveles (Fig. 5.) Cada uno de ellos añade valor a los servicios que recibe del nivel inferior de forma que el más alto ofrece todos los servicios. La independencia de cada nivel se asegura definiendo los servicios que tiene que suministrar al nivel de rango superior sin especificar cómo ha de realizarse esta función dentro del propio nivel.

El modelo de niveles está basado en la existencia de protocolos. Un protocolo es el conjunto de reglas que se establecen para que dos sistemas se comuniquen. Estas reglas gobiernan la



Figura 5.—En el modelo ISO para redes locales el nivel 2 de enlace está dividido en dos subniveles: de control de enlace lógico y de control de acceso al medio.

transferencia de datos, pero hay que añadir otras que prevean las actuaciones frente a errores de transmisión tales como detección y recuperación. Se emplean protocolos en cada uno de los distintos niveles, de forma que el protocolo que se emplea en un nivel no afecta al resto.

La estructura de nuestro modelo consta fundamentalmente de siete niveles, de suerte que entre dos sistemas, la comunicación es homogénea nivel a nivel y se realiza mediante acuerdos o protocolos equivalentes.

NIVEL 7. APLICACIÓN

Es el más alto de todos: la comunicación en este nivel se realiza a través de programas del sistema operativo. En él se gestiona qué tipo de comunicación queremos establecer y con quién. También es donde se dan las órdenes de enviar o recibir ficheros o información de éstos. Por último es donde se gestiona el contador de los recursos que estamos utilizando, porque después de usar los recursos nos pasarán la factura. Como resumen podemos decir que este nivel proporciona el interface entre el usuario y el sistema de comunicaciones.

NIVEL 6. PRESENTACION

Está a disposición del anterior y, en alguna forma, podemos describirlo como su ayudante. Se encarga de controlar el tipo de terminal que usamos, de convertir adecuadamente los datos a los formatos que necesitamos, así como de la conversión de códigos.

El nombre alude a la presentación de datos de cara a la red, de forma que este nivel sirve de interface entre los datos y la red.

NIVEL 5. SESION

Cuando se quiere comunicar entre dos puntos decimos que se establece una sesión. Esta se produce entre dos niveles de presentación: la sesión se encarga de regular el tráfico. Podemos decir que se encarga del orden, del intercambio de los datos y de la información de control. Una vez que la comunicación cesa desaparece la sesión.

NIVEL 4. TRANSPORTE

Su misión es conseguir que sea posible el establecimiento de sesiones entre dos sistemas distintos, o sea, transportar la información a través de los medios de comunicación. A los entes que actúan en este nivel se les denomina *estaciones de transporte* y las misiones de transporte que llevan a cabo se realizan mediante protocolos entre puntos finales (end to end transport protocols). Las estaciones de transporte se hallan dentro de cada ordenador.

NIVEL 3. RED

La tarea de este nivel es proporcionar la comunicación entre los elementos del nivel de transporte. Las funciones asociadas al nivel de red tienen sentido cuando la comunicación se realiza a través de una red de transmisión de datos. Para los intercambios de información existen protocolos de red. Este nivel, también llamado de manejo de paquetes, proporciona varios canales lógicos o virtuales para cada enlace físico y define los procedimientos necesarios para abrir y cerrar estos canales.

Las **fases de una conexión a red** son las siguientes:

- Establecimiento.
- Transferencia de datos.
- Liberación o desconexión.

Las **funciones de red** son las siguientes:

- Conmutación y encaminamiento.
- Funciones independientes de las sub-redes.
- Funciones dependientes de las sub-redes.
- Funciones de acceso a sub-redes.
- Funciones realizadas por sub-redes.

NIVEL 2. ENLACE

Proporciona los medios adecuados para solicitar, establecer, continuar y romper el enlace entre niveles de red. El enlace se efectúa entre dos puntos físicos de conexión. Para conexión con las redes públicas el CCITT tiene definido un protocolo de enlace.,

Este nivel define el intercambio de información a través de un único enlace físico (no lógico).

Servicios del enlace:

- Establecimiento.
- Transferencia de datos.
- Terminación.

El nivel de enlace es un compromiso entre las limitaciones de los medios y las necesidades de comunicación. A este nivel se le asignan las **funciones** siguientes:

- Inicialización.
- Identificación.
- Sincronización.
- Segmentación.
- Transparencia.
- Control de flujo.

— Control de error.
— Recuperación en condiciones anormales.
— Terminación.
— Control del enlace.

Los protocolos de este nivel pueden ser de dos tipos: orientados al carácter y orientados al bit: aparte existen los propios de las redes locales. Los protocolos orientados al carácter utilizan códigos como el ASCII o el EBCDIC. La unidad de información empleada es el carácter o secuencias de caracteres. El más conocido de todos es BSC (Binary Synchronous Communication) de IBM. Los protocolos orientados al bit utilizan campos localizados por la posición: la unidad de informaciones el bit. Son mejores que los anteriores y el más típico es SDLC de IBM y también el LAPB de la recomendación X.25.

NIVEL 1. FISICO

Se encarga de la definición de las características mecánicas y eléctricas para la conexión física entre elementos. Proporciona las normas a seguir para el enlace físico y mecánico con la red.

La misión de los protocolos de este nivel es conseguir la máxima independiencia del medio físico de transmisión. Esto no siempre es posible debido a las sustanciales diferencias que existen en los medios utilizados: pares trenzados, coaxiales, fibras ópticas...

El nivel físico ofrece los siguientes **servicios** al nivel de enlace de datos:

— Conexiones físicas.
— Unidades de datos.
— Puntos terminales de conexión física.
— Identificación del circuito de datos.
— Sincronización.
— Comunicación de fallo.
— Parámetros de calidad de comunicación.

Las **funciones** del nivel físico son:

— Activación y desactivación de la conexión física.
— Transmisión de unidades de datos de servicio físico.
— Control del nivel físico.

Una vez establecidos los niveles parece como si algo quedase ambiguo, como si en realidad no fuesen muy concretos. Algo de cierto hay en ello, pero es que los diferentes niveles hay que rellenarlos de normas concretas y de eso se va encargando el

CCITT. Algunos niveles aún no están muy llenos, pero, por ejemplo, para la famosa X.25 existen protocolos en todos los niveles. Este sistema de jerarquía por niveles, que en principio fue pensado para las grandes redes de ordenadores, se ha tomado como base también para las redes locales, aunque, como es lógico, con algunos pequeños matices.

El nivel de enlace se ha dividido a su vez en dos subniveles: el control de enlace lógico y el nivel acceso al medio.

Esto es así para independizar el protocolo de enlace de situaciones que pueden ir cambiando a lo largo del tiempo en una R.L., tales como topología de la red o el medio físico.

Los niveles más altos no están normalizados y cada red usa sus propios protocolos en los distintos niveles.

Otro organismo, el IEE viene estableciendo desde hace algún tiempo normas específicas en las R.L. El comité 802 estableció normas equivalentes a los niveles 1 y 2 de ISO.

Las normas 802 no podemos verlas en detalle, pero podemos dar una leve descripción de ellas:

801.1: División del nivel físico en dos subniveles: codificación de datos y acceso al medio físico de transmisión.

802.2: División del enlace en dos subniveles: control de enlace lógico y control de acceso al medio.

802.3: Normas de funcionamiento de CDMA-CD. Análoga a Ethernet.

802.4: Sistemas Token-ring, paso de testigo.

802.5: Especificaciones sobre Token-ring en anillo.

802.6: Sistemas de red de área metropolitana.

Algunas de estas normas contienen nombres que aún no se habían mencionado: en secciones posteriores se irán explicando muchos de ellos.

En la figura 6 se puede ver la comparación entre el modelo OSI y el previsto por DEC. A pesar de las diferencias, la estructura en estratos es semejante.

Tipos de R.L.

- Basados en Centralitas Telefónicas

  Se fundan en el uso de centralitas telefónicas que en principio estaban destinadas al transporte de la voz y que van evolucionando hacia la transmisión de datos. Su fuerza reside en que en una oficina hay un teléfono prácticamente encima de cada mesa, lo cual facilita la tarea de cableado y la infraestructura. En principio, se trataba de centrali-

ISO

- APLICACION
- PRESENTACION
- SESION
- TRANSPORTE
- RED
- ENLACE
- FISICO

DNA

Gestión y control de aplicaciones de red:
- USUARIO
- GESTION DE RED
- APLICACION DE RED
- CONTROL DE SESION
- COMUNIC. FINALES
- ENVIO

Interface con el canal físico y transporte de datos:
- CONEXION DATOS
- CONEXION FISICA

Figura 6.—Comparación de las normas ISO con las de las redes de digital. A pesar de todo vemos bastantes coincidencias.

tas más o menos normales a las que se añadían unas tarjetas de comunicaciones (una por cada terminal) que les permitían multiplexar la voz y los datos. Otra tarjeta hacía el paso contrario en el terminal y en el teléfono. Su evolución es hacia centralitas de servicios integrados en lugar de tener que irlas adaptando poniéndolas más y más placas.

- Redes orientadas a comunicación de datos

  Trabajan en banda ancha y tienen capacidad de transmitir también voz y vídeo. La asignación del medio se hace bien repartiendo el espectro de frecuencia en bandas (multiplex por división de frecuencia) o bien asignando bloques (rebanadas) de tiempo (multiplex por división de tiempo).
- Redes de banda base

  Transmiten con un ancho de banda menor que la anterior; trabajan a unos 20 Mb/seg. en la banda base; están muy extendidas, ya que su misión es la comunicación de datos entre micros y su salida al exterior.

Atributos de las R.L.

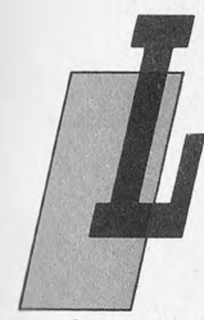
Ciertos atributos nos deben servir como punto de referencia para comparar unas redes con otras. Aunque podemos hacer una lista mayor, los que a continuación se citan pueden servir de ejemplo.

ATRIBUTO	EJEMPLO
Topología	Bus. Anillo. Estrella
Señal	Banda ancha. Banda base
Medio	Cable coaxial. Fibra óptica
Velocidad	50 Mb/seg.
Método de acceso	Token ring
Nº de estaciones	500
Distancia máxima	5 Km.
Throughput	Determinístico. No determinístico
Enrutamiento	Paquetes o circuitos conmutados

Puede que algunos de los atributos sean nuevos para el lector, pero poco a poco iremos desvelando las palabras del "argot" de las redes locales.

CAPITULO II

TOPOLOGIA DE LA RED



La topología de la red está directamente relacionada con la geometría de la misma. Partes importantes a estudiar son los nodos (ordenadores en nuestro caso) y los enlaces (llamados también canales o circuitos) que es por donde establecemos las comunicaciones.

Iremos haciendo un recorrido por las distintas topologías de red y comentando al mismo tiempo sus ventajas e inconvenientes.

Supongamos que queremos formar nuestra propia R.L.: de alguna forma necesitamos disponer de unos cuantos ordenadores y de ciertos cables, amén de otros elementos de circuitería y de programación para establecer el enlace.

La topología de una R.L. no es más que la forma geométrica con la que podemos conectar los ordenadores que la componen. Por convenio se suele denominar *nodo* a cada una de éstas.

Cada ordenador está unido a otro a través de los cables; esto es lo que se conoce como enlace físico. Un ejemplo podría ser el de la figura 1.1. En ella podemos observar cómo el ordenador 1 (nodo 1) está unido físicamente al 2 y al 3, lo cual no quiere decir que no podamos comunicarlo con el 4 si cualquiera de los anteriores actúa (cuando es capaz) de intermediario: esta propiedad que pueden tener algunos nodos de retransmitir información hacia otros da lugar a los enlaces lógicos. Hay que notar que los enlaces lógicos permiten una comunicación independientemente de que exista o no un enlace físico (Fig. 1.2.) Veamos otro ejemplo en el que se pone de manifiesto la importancia de esto: pensemos que nuestra red va a tener 6 nodos y supongamos en un principio que para establecer la comunicación estuviésemos obligados a

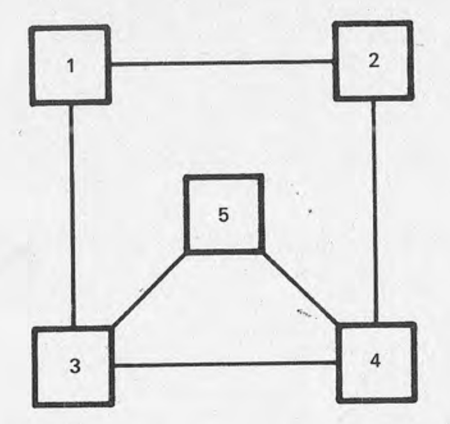


Figura 1.—1.1) El nudo 1 puede comunicar directamente con el 2 y con el 3 (enlace físico). Si 2 ó 3 actúan como intermediarios entonces 1 puede comunicar con 4 y 5.

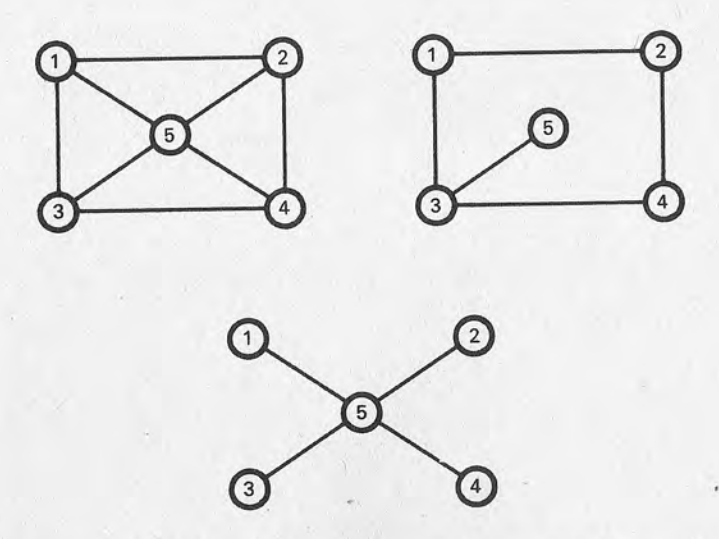


Figura 1.—1.2) Vemos distintas formas de conexión. Si queremos enlazar todas las estaciones mediante enlaces físicos tendremos que usar muchos cables.

enlazar físicamente cada nodo con el resto, ¡resulta una auténtica tela de araña! Pensemos lo que supondría en vez de con 6 con 100 (Fig. 1.3.) Gastaríamos más dinero en cables y conectores que lo que realmente cuesten los ordenadores.

Está claro que la solución buena es aquella en la que no son necesarios todos los enlaces físicos, pero que nos permiten un enlace lógico con cualquier nudo. De esta forma podemos seguir manteniendo el enlace, pero sin tantos cables. Lo que decimos supone complicar los programas que van a manejar los datos y añadir ciertas estructuras a nivel de circuitería en cada ordenador. Así y todo la solución no sólo es elegante, sino la única posible; esto, que parece tan lógico, no es tan sencillo en su realización.

Lo que ha habido que hacer es dotar de cierta "inteligencia" a cada nodo; mientras que antes bastaba decirle al nodo 1 que enviara un mensaje al 2, ahora, además, cada nodo debe de alguna manera seleccionar el recorrido de la información y saber reconocer qué mensajes son para él y cuáles debe reenviar. No sólo eso: supongamos una actividad normal de tráfico: los mensajes empiezan a fluir y cada nodo debe actuar a modo de guardia de circulación con la información y a gran velocidad. Imaginemos un centro neurálgico de carreteras en un fin de semana, esto nos dará idea del tráfico en una red. Las redes son tan perfectas que el número de "accidentes de tráfico" es realmente bajo. En verdad somos más exigentes con las máquinas que con nosotros mismos. La reducción de enlaces a nivel físico manteniendo los mismos en-

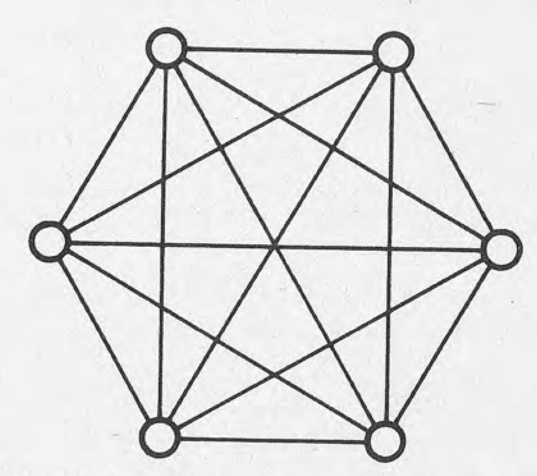


Figura 1.—1.3) A medida que aumenta el número de nodos, el crecimiento en número de conexiones se hace insostenible.

laces lógicos ha complicado bastante la actividad de cada nodo y ha obligado a reducir la velocidad. Es lo mismo que las carreteras: si tenemos que ir todos por un mismo sitio, por muy buenas que sean las señalizaciones y semáforos, cuantos más coches haya, menos velocidad podrán mantener.

Afortunadamente, para esto también tenemos soluciones: podemos construir "autopistas" para que circule la información, pero, ya se sabe, las autopistas son caras. En nuestro caso las autopistas significan cambiar el medio físico de transmisión, codificar la información y añadir nuevos circuitos. Ahí está el precio de la autopista.

Hasta ahora lo que hemos hecho es unir por medio de un enlace físico dos nodos: este tipo de enlace es el enlace punto a punto, equivalente a enlazar dos ciudades con una carretera (Fig. 2.1.)

Existe un método más ingenioso de enlazar los nudos. Pensemos en una inmensa autopista que pasara junto a todas las ciudades, pero sin atravesar ninguna. Para desplazarnos de una ciudad a otra lo que tendríamos que hacer sería tomar un pequeño desvío que nos acercara a la autopista, introducirnos en la misma y circular a gran velocidad hasta tomar el desvío que nos conduzca a nuestro punto de destino.

Los momentos más peligrosos serían el incorporarnos a la autopista y el salir de ella. Aquí es donde los reflejos del conductor son importantísimos; estos reflejos van grabados en el paquete de información, que sabe hasta dónde tiene que ir; además, en cada desvío hay siempre un guardia que sabe a quién debe dejar pasar y a quién no.

Vistas así las cosas no parecen demasiado complejas. Añadamos una pequeña modificación: supongamos que tanto en las entradas como en las salidas no hay carril lento, o lo que es lo mismo, los coches no pueden acelerar y frenar, sino que van siempre a la misma velocidad. Entrar y salir de la autopista a 120 Km/h. es más que temerario. En realidad no es exactamente así como ocurre, pero esto nos da una idea del problema. Lo cierto es que si no fuera por la disciplina con que se mueven los paquetes de información y por los controles que existen en la red, el tráfico se asemejaría bastante al de una ciudad, accidentes mortales incluidos. Este nuevo método, que es más factible en la comunicación de la información que en nuestra vida normal, recibe el nombre de enlace multipunto (Fig. 2.1 y 2.2) por aquello de que es una línea a la que tienen acceso muchos nodos.



Figura 2.—2.1) Enlace punto-punto y enlace multipunto.

Ya tenemos las posibles formas de conexión entre nodos. Las combinaciones de enlaces dan lugar a las distintas tipologías, así podemos teeeener redes en estrella, anillo y bus.

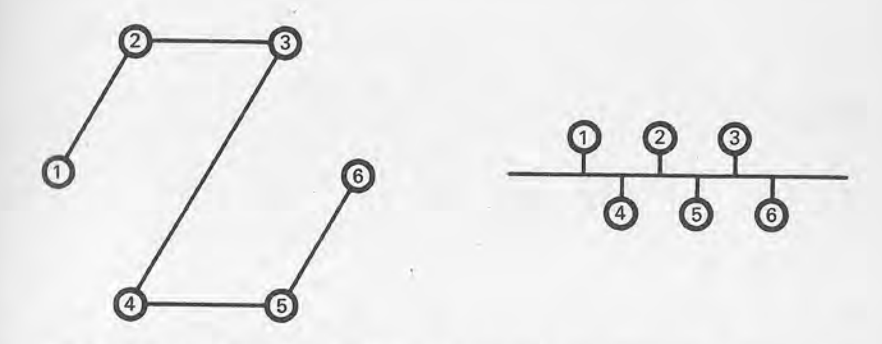


Figura 2.—2.2) Enlace de una estructura punto-punto a multipunto.

Redes en estrella

Si nos fijamos en el mapa de carreteras de España, a primera vista lo que vemos es un gran nudo de comunicaciones en el centro, del que salen en forma radial distintas vías hacia la periferia. Esto trasladado a las redes locales sería una red en estrella.

En una red de este tipo siempre hay un nodo central del que parten los enlaces punto a punto hacia el resto de los nodos; además los enlaces con la periferia deben ser bidireccionales, es decir, deben ser capaces de transmitir en los dos sentidos. Esto es algo así como las carreteras generales que salen del centro de una gran población.

Lo habitual en esta red es que el nodo central actúe de coordinador del tráfico (Fig. 3.1). En realidad, es quien lleva el control de las comunicaciones. El nodo principal puede enviar y recibir mensajes a/de cualquiera de los de la periferia, pero además debe encargarse de encauzar el tráfico entre los puntos exteriores, ya que cualquier comunicación entre ellos debe pasar necesaria-

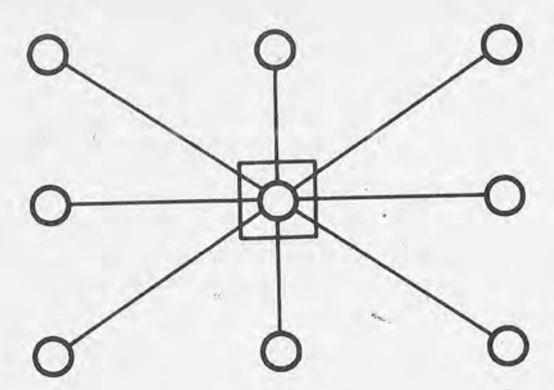


Figura 3.—3.1) Red en estrella con un nodo central dominante que controla el tráfico.

mente por el centro. Esto obliga a que la información viaje un largo recorrido para ir de un nodo exterior a otro aunque sean adyacentes (sería lo mismo que ir de Barcelona a Tarragona pasando por Madrid), lo cual demuestra que la topología en estrella no siempre va a ser la más adecuada.

Este sistema permite en principio que los nodos de la periferia sean relativamente "tontos"; por contra; el central debe ser "inteligente". Los nodos exteriores pueden ser equipos bastante sencillos, y por tanto baratos, mientras que, por el contrario, el central debe ser muy complejo, ya que tiene que soportar todo el tráfico. Desde luego, el usar un equipo bastante caro queda justificado si con ello podemos poner el resto, que pueden ser muchos, bastante más baratos. Las redes en estrella son solamente eficaces cuando el nodo central se dedica a recoger o enviar información de la periferia; si los nodos exteriores tienen que comunicarse entre sí con frecuencia, lo más probable es que se sature el nodo central, lo que se traduce en una bajada de velocidad y, por tanto, de rendimiento. Esto es lo que ocurre cuando, por ejemplo, a todo el mundo nos da por llamar por teléfono al mismo tiempo: se saturan las líneas y la comunicación no es posible.

Esta configuración es, pues, recomendable sólo cuando el nodo central es de superior jerarquía y lo importante es la comunicación de éste con el resto. El sistema es muy inmune a las averías, pues una "caída" de un nodo de la periferia no supone la caída de todo el sistema; el problema surge cuando la avería se produce en el nodo central; todo el sistema se viene abajo. Al no estar previstos enlaces alternativos esta situación es irremediable.

El sistema se puede ampliar fácilmente: basta con añadir un nodo más y ampliar el central, pero todo tiene un límite; no podemos ampliar indefinidamente el nodo central conectándole nodos periféricos: correríamos el riesgo de que la "inteligencia" del sistema principal no pudiera atender todos los requerimientos.

Esta situación puede ser salvada en parte haciendo que el nodo central actúe exclusivamente como conmutador de comunicaciones y dotando de más poderes de control al resto de los nodos (hay que dotarles de los elementos necesarios para que distribuyan el tráfico cuando hay conflictos); en cualquier caso no deja de ser una solución de compromiso y no evita que una avería en el centro rompa las comunicaciones de toda la estrella (Fig. 3.2).

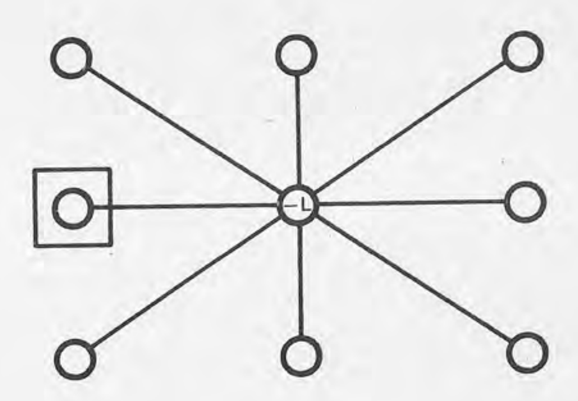


Figura 3.—3.2) Red en estrella con un nodo periférico dominante. El nodo central actúa como conmutador.

Podemos conectar entre sí dos o más estrellas formando la topología denominada árbol (Fig. 4.1) Como es fácil imaginar, la conexión no puede hacerse sin más, sino que hay que guardar ciertas normas. Lo más prudente es conectar una estrella con otra a través de los nodos centrales. Podríamos hacerlo a través de periféricos, pero éstos deberían tener importantes poderes de control (Fig. 4.2).

El sistema de árboles es (aunque esto extralimite el campo de las R.L.) el utilizado, por ejemplo, por la telefónica en las conexiones de centralitas y abonados.

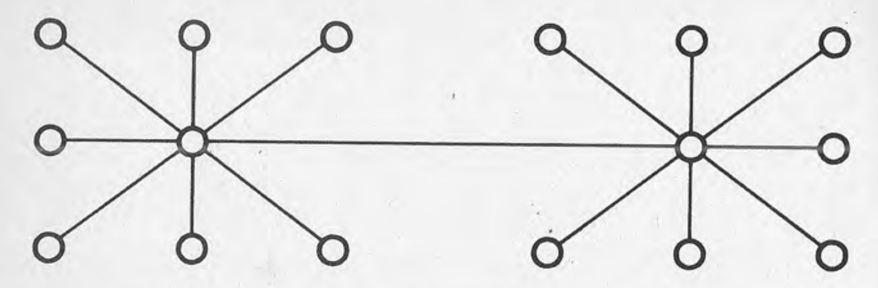


Figura 4.—4.1) Dos estrellas unidas por los nodos centrales.

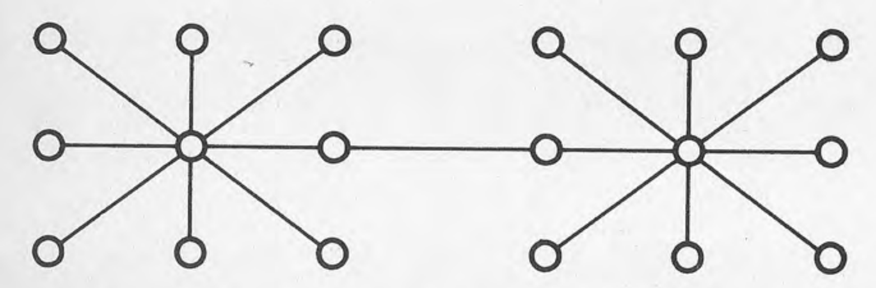


Figura 4.—4.2) Dos estrellas unidas por los nodos periféricos.

Redes en malla

Recordemos la figura 2.1, cuando hablábamos de los enlaces lógicos y físicos, una conexión tal entre todos también tiene su nombre en nuestra topología. Cuando cada nodo está unido mediante un enlace físico con el resto decimos que se trata de una malla completa (Fig. 5.1); por el contrario, si falta algún enlace físico, entonces es denominada incompleta (Fig. 5.1).

Con lo que llevamos de camino recorrido ya estamos en condiciones de analizar una topología en malla.

Al tener muchos enlaces físicos debe tener una gran capacidad de comunicación, y los nodos deben ser capaces de analizar la información y encauzarla adecuadamente. El hecho de que existan muchos enlaces físicos nos da una cierta seguridad frente a averías, ya que siempre se pueden utilizar vías alternativas, pero

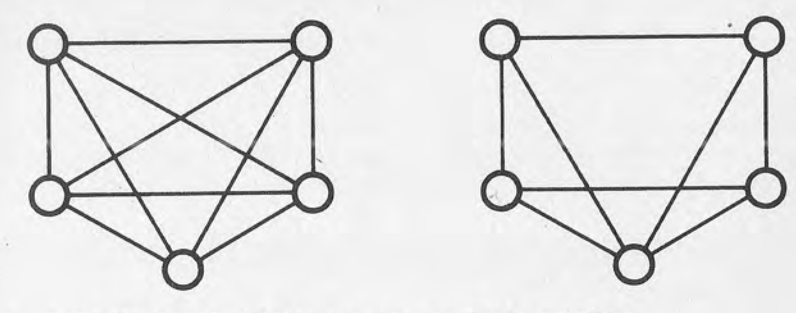


Figura 5.—5.1) Malla completa y malla incompleta.

al mismo tiempo esta duplicidad de vías implica necesariamente un incremento sustancial en los costes de material y de instalación.

Al elegir una malla debe estudiarse muy bien cuáles han de ser los enlaces físicos mínimos para que la R.L. no caiga en caso de avería y hacer esto compatible con la economía. Como vemos, es una solución de compromiso; y las soluciones reales son mezclas de los estudios teóricos con la experiencia adquirida (Fig. 5.2).

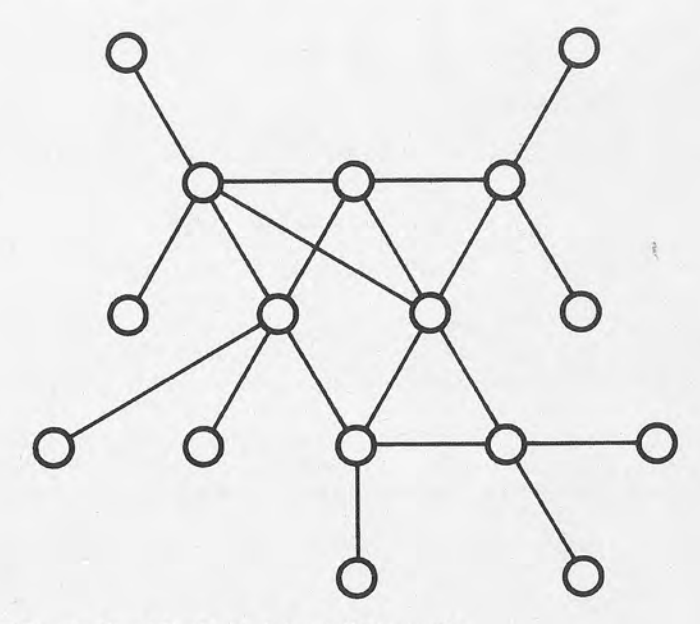


Figura 5.—5.2) Red mixta malla/estrella.

Una vez que ya tenemos la malla, si queremos ampliarla el problema que se presenta es grave. Si deseamos mantener los mismos criterios que cuando se hizo el diseño inicial, lo más probable será que tengamos que reajustar la red, lo cual suele ser inviable en la mayoría de los casos. Lo más fácil será engancharse en el punto más cercano, con lo cual todo nuestro estudio inicial habrá servido para poco.

Redes en anillo

Pensemos en el caso de una malla a la que hemos suprimido todos los enlaces físicos que caen dentro del perímetro. Tenemos un polígono con un número (variable) de lados, de forma que cada nodo está conectado a otros dos mediante los correspondientes enlaces físicos. Una configuración así recibe el nombre de anillo (Fig. 6.1).

Supongamos que queremos enviar datos desde un nodo hasta otro no adyacente: la información viajará de un nodo al siguiente, donde será nuevamente transmitida, y así hasta que sea recogida en su punto de destino; cada nodo es capaz de retransmitir al siguiente la información que recibe si no es el destinatario. La necesidad de retransmisión para que los datos lleguen a su destino obliga a una cierta complejidad técnica en cada nodo, aunque, por supuesto, menor que en el nodo central de una estrella.

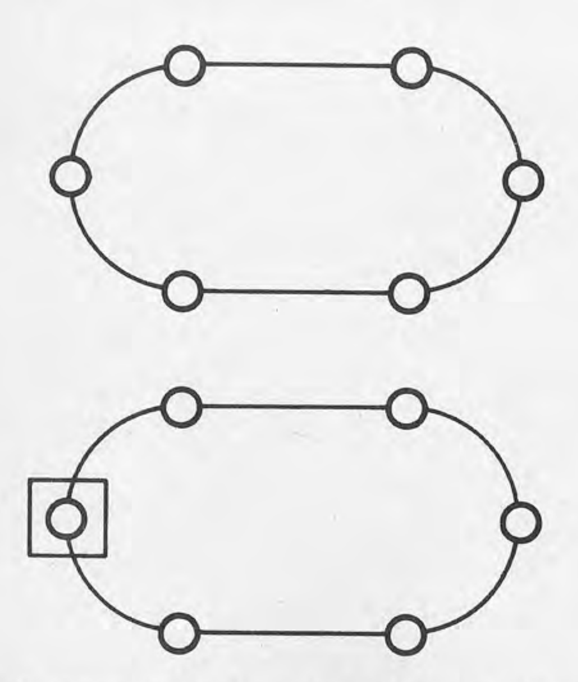


Figura 6.—6.1) Anillo simple y anillo centralizado con nodo de control.

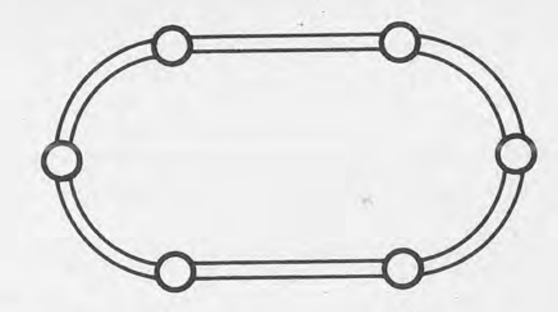


Figura 6.—6.2) Anillo doble.

El principal inconveniente (a su vez es ventaja para otras cosas) es que toda la información circula por una única línea, lo cual quiere decir que varios nodos pueden solicitar al mismo tiempo el uso de la línea. Para obviar esto (ya se verá más detenidamente en otra sección) hay que avisar a la línea (al resto de los usuarios) de que alguien va a hacer uso de ella.

Supongamos que por la línea circula una bandera y que el poseedor de ésta es el dueño del enlace en ese momento. Mientras uno tiene la bandera, puede enviar datos; cuando termina, suelta la bandera y ésta empieza a viajar por la línea hasta que es capturada por otro nodo, y así sucesivamente. Cuando ocurre de esta forma, cada nodo es capaz de comunicarse con el resto por iniciativa propia.

Es práctica común el prever que, aunque un nodo se averíe para transmitir datos propios (hacerse con la bandera), pueda no obstante, seguir retransmitiendo los datos de otro nodo. Con esto se logra una cierta independencia con respecto a los nodos, pues se consigue que una avería en un equipo no deje sin servicio al resto; cuando la avería se produce en el retransmisor de datos sí afectará a todo el anillo.

Lo que ya no es tan fácil de conseguir es que una avería en un enlace físico no afecte a todo el anillo; cuando una avería se produce en la línea es como cuando falla un retransmisor: se pierde la comunicación dentro del anillo. Estos fallos, no obstante, se pueden obviar en alguna medida con el uso de las conexiones

que permiten puentear la línea y, por tanto, aislar la avería, pero no en todas las ocasiones tenemos un punto cercano en el que puentear la línea (ver el caso de la figura 7, con el empleo de concentradores de línea).

Otra solución para evitar fallos de enlace físico es proveer dos líneas de comunicaciones entre los nodos (Fig. 6.2), pero esta solución encarece el coste, que es una de las principales virtudes del anillo. Su elección está determinada por la importancia que en cada caso tenga el fallo de la línea.

Aunque no es muy frecuente, a veces nos encontramos con anillos centralizados (Fig. 6.1), esto es, un anillo en el que un nodo asume las funciones más delicadas del tráfico de la información.

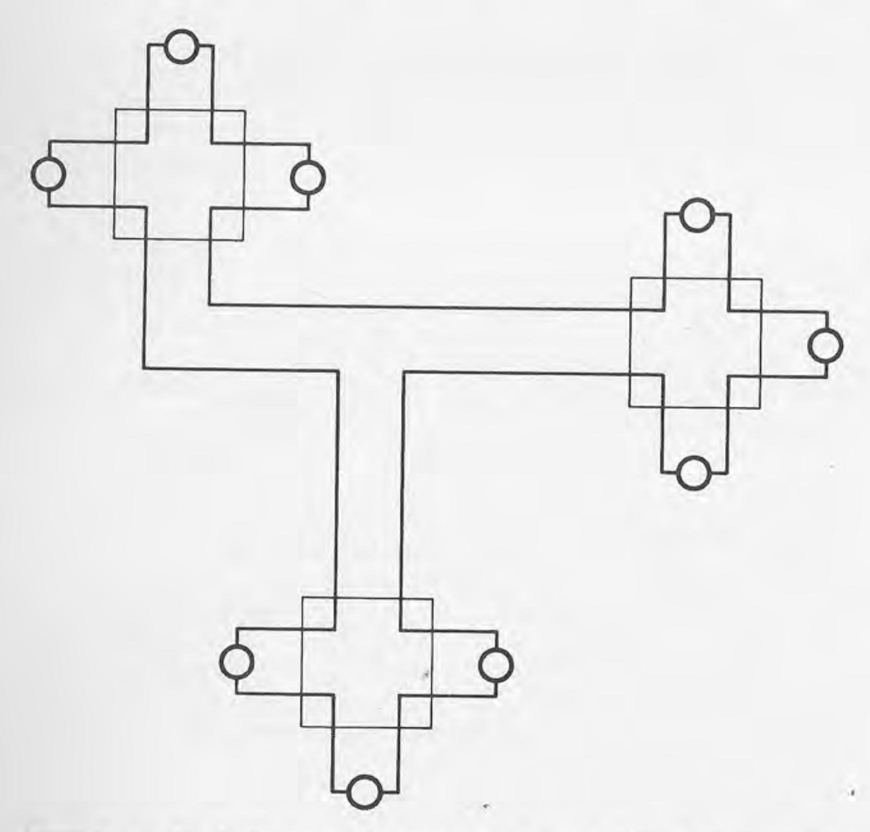


Figura 7.—Anillo que utiliza concentradores de línea. Permite conectar varios nodos a un punto de la línea y puentear ésta en caso de avería.

El nodo central es el que permite o no la transmisión de un mensaje desde un nodo a otro; una vez que ha autorizado la transmisión, ya no tiene que intervenir hasta que llega a su destino. Por motivos de seguridad algunos anillos centralizados obligan a que todos los mensajes pasen por él antes de ser transmitidos a su destino, lo que nos recuerda a la topología en estrella, con el inconveniente de la total dependencia del nodo central.

Con todo, las topologías en anillo se usan profusamente y han sido adoptadas por el principal fabricante de ordenadores para algunos de sus productos. Quizá un grave inconveniente para su uso es la instalación: no es fácil en un edificio convencional hacer el cableado y prepararlo para futuras ampliaciones. No obstante, estos probelmas se pueden solucionar con un sistema especial de cableado mediante el cual es fácil reconfigurar la distribución y aumentar o disminuir el número de estaciones Para ello se utilizan unos paneles especiales de conexiones y concentradores de línea que permiten enganchar en un punto varias estaciones.

Como ejemplo de redes en anillo podemos poner Token Ring de IBM, Primnet de Prime Computer, Domain de Apollo Computer, Arcnet de Data Point y Tandy y Planet de Racal-Milgo.

5 Redes de Bus

Para entender cómo funciona una red de este tipo lo mejor es recordar los enlaces multipunto, en los que una línea era compartida por varios nodos. En una red de bus lo que tenemos es un único enlace físico al que accede cada nodo por medio de una conexión. Para establecer la comunicación entre nodos hay que enviar el mensaje, no a otro nodo, como ocurría en las topologías anteriores, sino al bus. Digamos que ningún nodo interviene de manera directa en el control del tráfico de la red. Al no tener los nodos que retransmitir la información no hay ninguna pérdida de tiempo cuando pasa por éstos, lo que se traduce en un incremento de la velocidad.

No es ésta la única cualidad que se deriva del hecho de que los nodos no retransmitan: la red queda completamente al margen de las averías que puedan sufrir los nodos; esto no se había producido en ninguna de las redes vistas hasta ahora. El hecho de tener una línea física a la cual se conectan todos los nodos hace este tipo de red sumamente versátil: se puede tener línea prácticamente sin limitación. Es algo así como el tendido del suministro eléctrico, al cual nos vamos enganchando donde mejor nos convenga. En nuestras casas tenemos un par de hilos al cual vamos conectando la cafetera, la TV, el frigorífico, la lavadora y un sinfín de aparatos. Cuando queremos los conectamos y cuan-

do no, los desconectamos. En caso de avería de uno de ellos lo quitamos, pero el resto puede seguir funcionando. Sólo en caso de fallo en línea nos quedamos sin servicio.

La topología tipo bus es de uso bastante frecuente por las propiedades qur hemos visto, y, si bien es de fácil manejo y acceso al usuario, tiene algunos puntos críticos: los equipos retransmisores que hay que poner en el bus deben ser fiables y de bajo mantenimiento, con lo que serán caros. La verdad es que las averías en el bus son poco frecuentes, pero cuando existen son difíciles de localizar, por lo que habrá de proveerse de aparatos especiales de prueba y de mantenimiento de línea para detectar y aislar la avería.

En la figura 8 podemos ver disposiciones de redes en bus, algunas un tanto particulares, como son el lazo (en la que existe un nodo dominante) y la espiral (en la que el tiempo que se tarda en recibir el mensaje en todas las estaciones es el mismo).

También existen buses bidireccionales en los que se transmite en los dos sentidos del bus mediante una división del espectro de frecuencias.

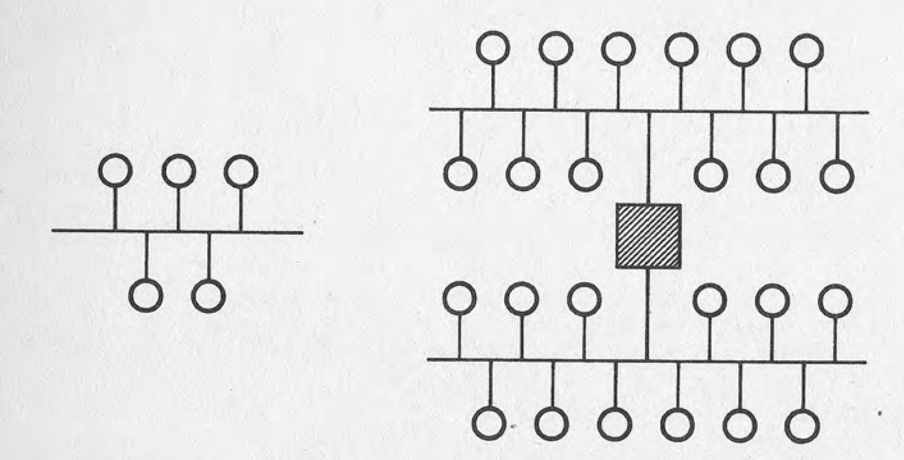


Figura 8.—8.1) Redes tipo bus y conexión de dos buses mediante un puente.

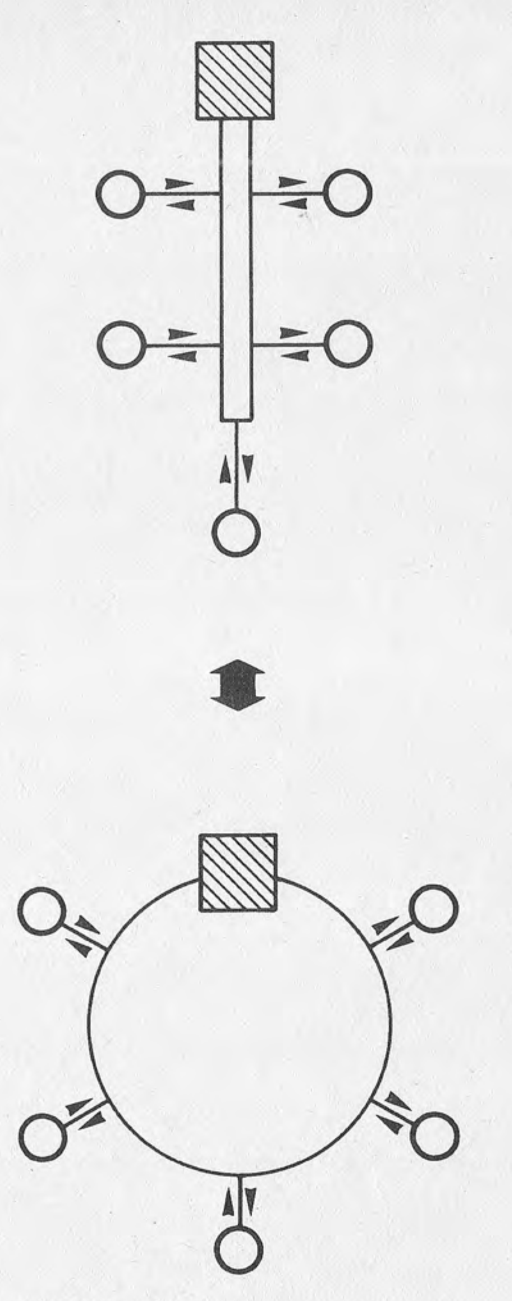
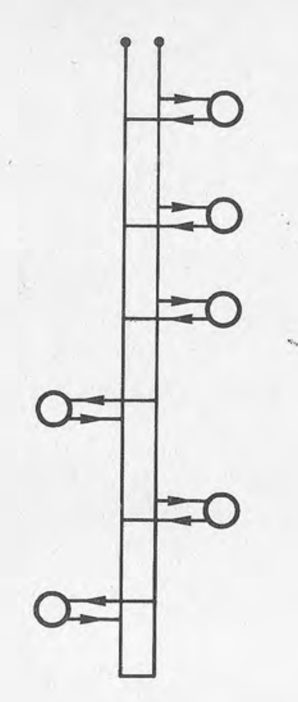


Figura 8.—8.2) Bus en lazo.



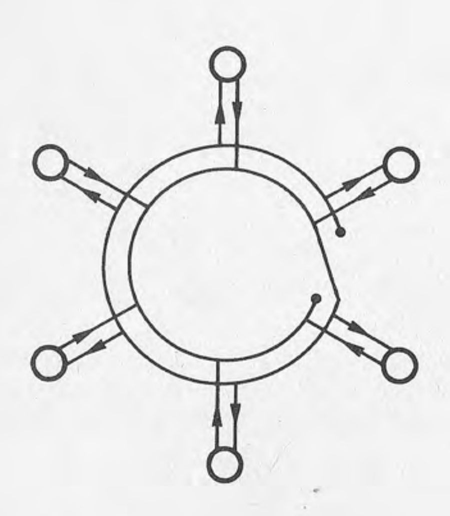


Figura 8.—8.3) Bus en espiral.

CAPITULO III

LOS MENSAJES Y LA TRANSMISION DIGITAL

Aunque en sí este capitulo quizá no sea específico de las redes locales es imprescindible en un contexto general de comunicaciones. Veremos en él los mensajes, su codificación y los sistemas digitales de transmisión. Aunque sólo de pasada se menciona el estudio en frecuencia como dual del tiempo y su importancia.

Los sistemas de modulación digital ocupan gran parte del capítulo; se explican comparándolos a veces con sus semejantes analógicos porque aunque no se conozcan seguro que se ha oído hablar de ellos.

La última parte del capítulo la ocupan los métodos de multiplexado, tanto en el tiempo como en frecuencia, sin entrar en profundiad, pero dando una descripción de cada uno de ellos.

Mensajes

Es la información que queremos transmitir; ha de ser traducida de forma que pueda transportarse por un medio físico de comunicación. Así la información que queremos enviar debe ser convertida en señales eléctricas u ópticas para que vayan por los medios físicos. Nuestros mensajes se pasan a señales bien analógicas o digitales.

Hoy día ya se habla en cualquier sitio de señales analógicas y digitales, el mundo tecnificado en que vivimos las ha puesto en boca de todos; así, pues, no daremos ninguna definición de ellas, aunque sí nos permitiremos el comentar algunos pequeños pero importantes detalles.

Las señales digitales solamente pueden tener un número discreto de estados (Fig. 1.1), lo que se traduce en un número discreto de tensiones eléctricas en línea. Las señales digitales binarias (dos estados) se representan por unos y ceros.

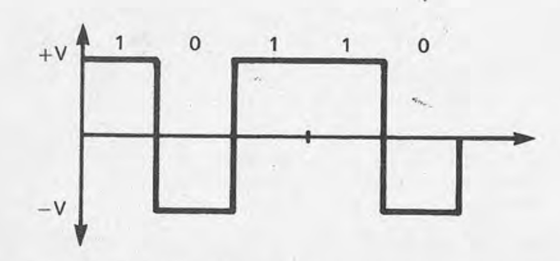


Figura 1.—1.1) Señales digitales binarios. Representan bits.

Las señales analógicas, por el contrario, tienen forma continuada, y por tanto, un número infinito de niveles. Pensemos en la función y = sen(t) (Fig. 1.2) si representase una señal ésta sería analógica. Si, como en este caso, la señal se repite periódicamente en el tiempo, el número de ciclos por segundo de esta repetición se denomina frecuencia y se mide en hercios o sus múltiplos.

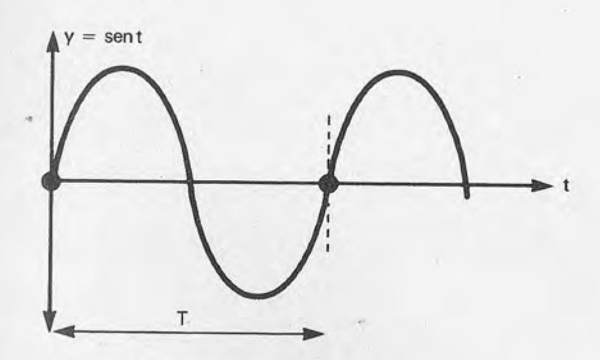


Figura 1.—1.2) Señal analógica. T = Período. f = 1/T = frecuencia.

Estudio en frecuencias

El estudio de las señales se puede hacer bien en el tiempo o bien en frecuencia. Algunas señales, por su propia naturaleza, deben ser estudiadas en el dominio de la frecuencia. Para poderlas estudiar en el dominio de la frecuencia las señales deben ser descompuestas en formas sinusoidales de diferentes frecuencias. Para esto se realiza una operación matemática que se denomina *desarrollo en serie de Fourier* (para las señales periódicas). Las señales no periódicas tienen su tratamiento en otras operaciones llamadas *Integral de Fourier* y *Transformación discreta*.

La señal que se obtiene aplicando alguno de estos tratamientos se denomina espectro en frecuencias (Fig. 2). En la figura 3 podemos ver distintas señales y sus correspondientes espectros en frecuencias. El primer ejemplo (Fig. 3.1) es una señal periódica analógica tipo coseno, de pulsación "W" o bien frecuencia "f". Traducido al campo de las frecuencias nos encontramos con una sola componente en el punto "f". No olvidemos que el estudio en frecuencias de una señal se basa en descomponerla en una suma de señales senoidales.

La siguiente figura 3.2 corresponde a un tren de impulsos digitales. En la 3.3 vemos sólo un impulso, mientras que la 3.4 es una función exponencial decreciente que bien podría ser una señal atenuada en la línea. La característica más importante del espectro en frecuencias es el ancho de banda, que es la frecuencia por encima de la cual es despreciable el contenido energético de la señal (Fig. 2.)

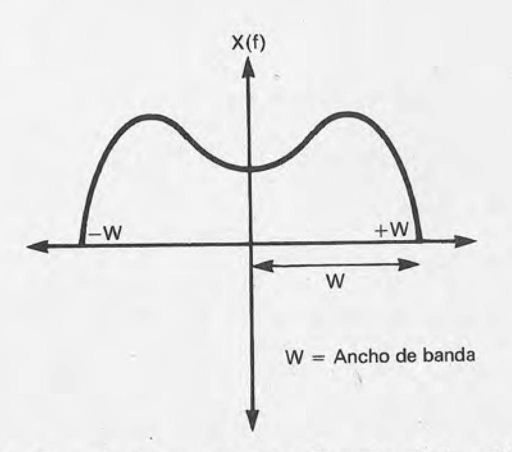


Figura 2.—Ejemplo de un espectro. El ancho de banda "W" contiene todas las componentes que aportan una potencia apreciable.

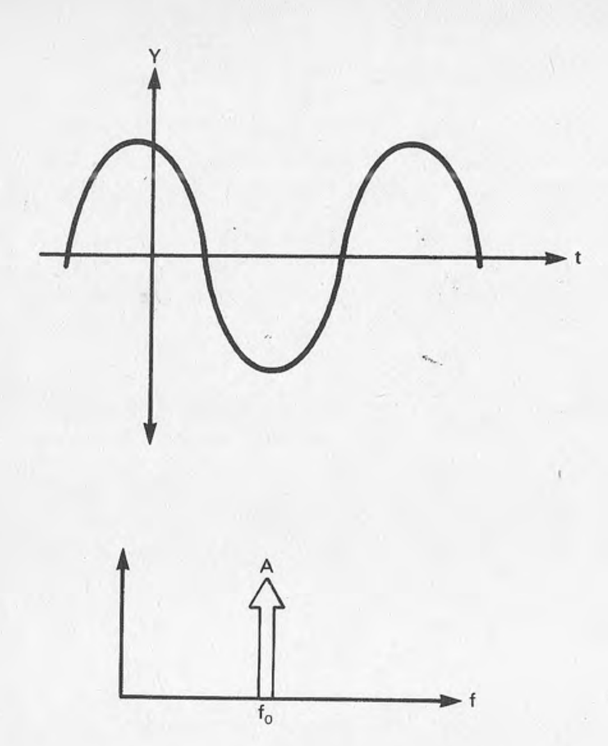


Figura 3.—Y=A. cos(W.t+0) Señal periódica analógica y su transformada.

Características de los sistemas digitales

- Naturaleza de la información

Las señales digitales son siempre binarias y quedan caracterizadas por el régimen binario "R" o velocidad binaria "V" expresada en Bit/seg.

Una vez que tenemos una señal digital podemos decir que es homogénea, es decir, una cadena de bits lo mismo puede representar los datos de un ordenador, un canal de televisión o una conversación telefónica. Esto permite integrar y multiplexar transmisiones diferentes en un único medio de transmisión digital. Así, al mismo tiempo, podríamos enviar un canal de televisión, los datos de un ordenador y una transmisión telefónica.

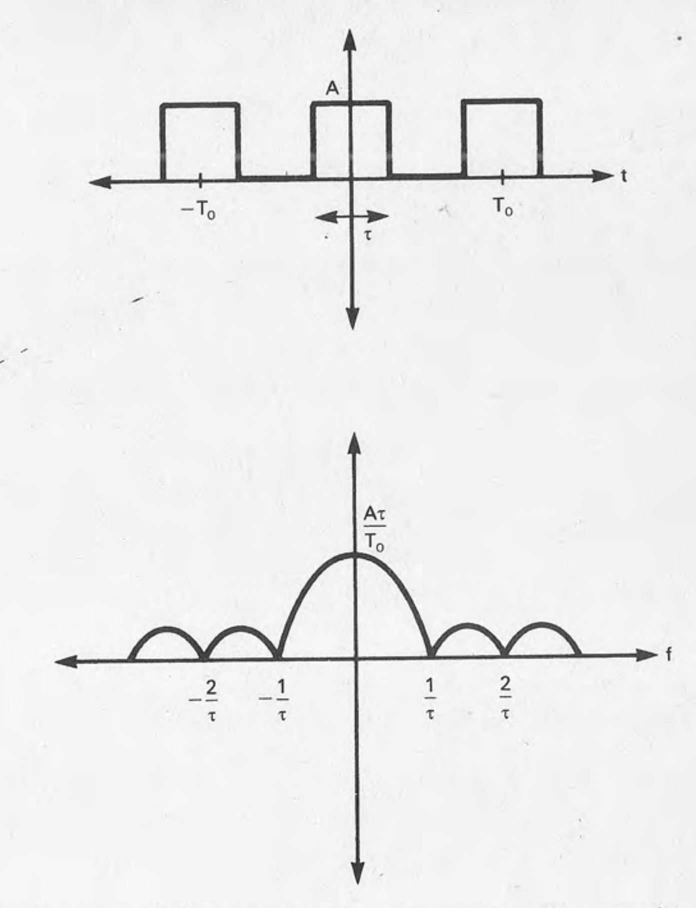


Figura 3.—3.2) Señal periódica (tren de impulsos digitales) y su transformada.

- Sincronización

El hecho de que se puedan integrar comunicaciones y realizar multiplexados en un mismo medio obliga a un control estricto para saber cuándo empieza y cuándo termina la representación de cada bit. Algunas veces la propia información lleva dentro las señales que permiten recuperar la señal del reloj de sincronismo. Otras veces hay que establecer sistemas para generar un reloj en el otro extremo de la línea. La pérdida de sincronismo puede significar, y normalmente supone, la pérdida de bits.

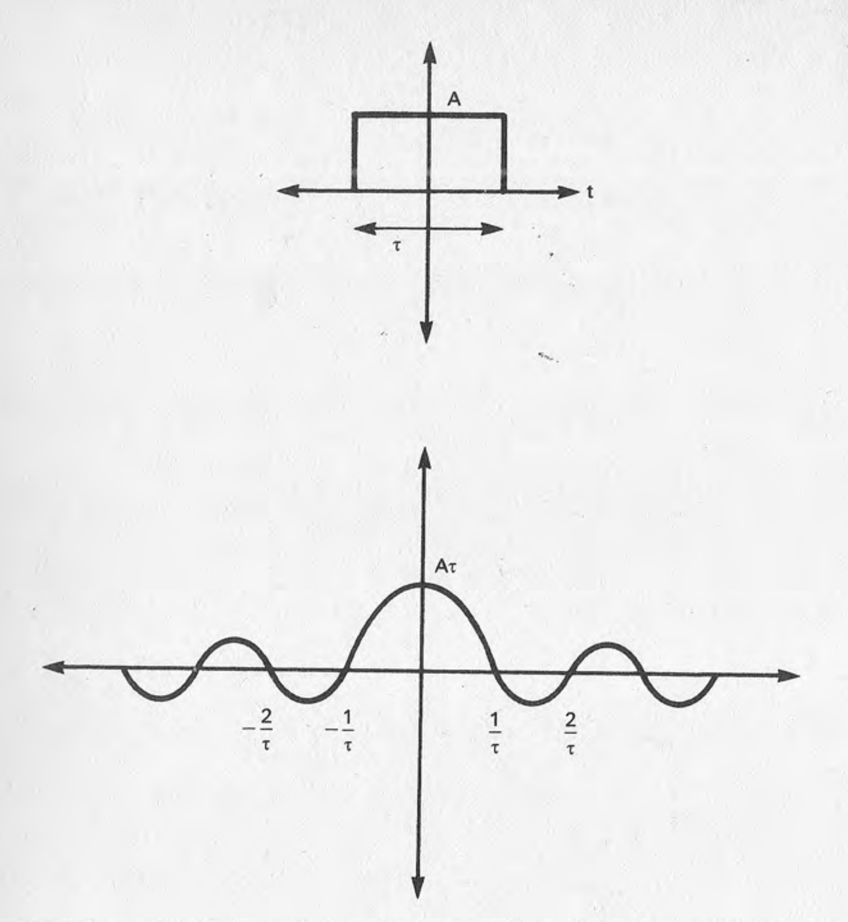


Figura 3.—3.3) Señal no periódica. Impulso digital y su transformada.

- Codificación

La codificación es el paso de los "1" y "0" a señales de línea: eligiendo el método adecuado podemos conseguir, por ejemplo, que las señales tengan un valor medio nulo o que lleven el reloj de sincronismo incorporado, con lo que siempre se podrán recuperar en el receptor. A veces, incluso, la codificación se utiliza con métodos criptográficos para mantener el secreto de las comunicaciones.

En la figura 4 vemos distintos ejemplos de codificación.

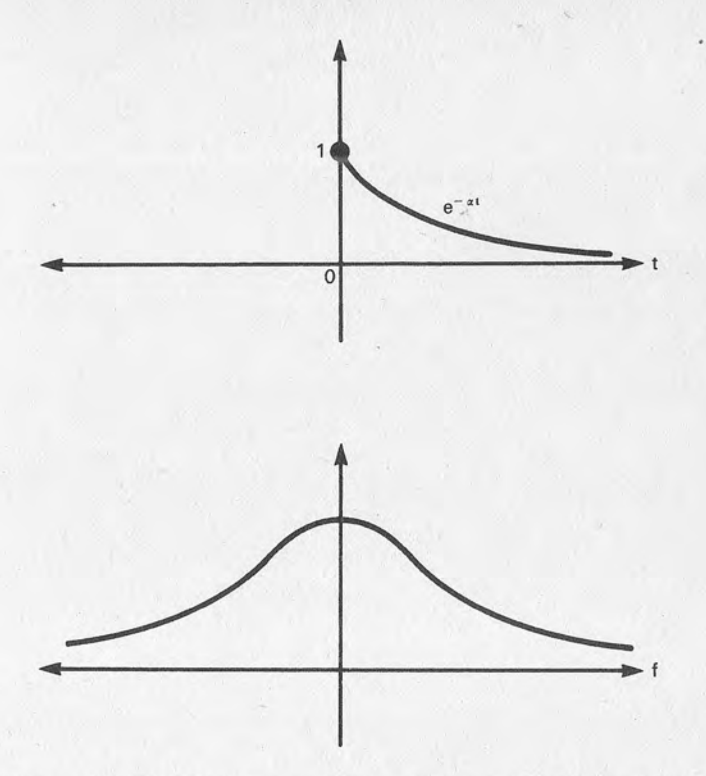


Figura 3.—3.4) Señal no periódica. Exponencial decreciente y su transformada.

1. **Unipolar (NRZ)**. Los "1" se representan por tensiones +V en la línea. Los "0" por ausencia de tensión.

2. **Polar (NRZ).** Los "1" se representan por tensiones +V en la línea. Los "0" por -V.

3. **Unipolar (RZ).** Los "1" se representan por tensiones +V en la línea, pero a la mitad del intervalo la señal, vuelve a cero (RZ). Con esto se evita que en series largas de "1" ó "0" (todos "1" ó todos "0") se pierda el sincronismo. Los "0" se representan por 0V en la línea.

4. **Polar (RZ).** Los "1" se representan por tensiones +V en la línea, a la mitad del intervalo la señal se baja a 0V. Los "0" se representan por -V y a la mitad del intervalo se vuelve también a 0V.

5. **Bipolar (RZ) o AMI.** Se utiliza en telefonía para los MIC (Modulación por Impulsos Codificados). Los "1" se codifican con +V o

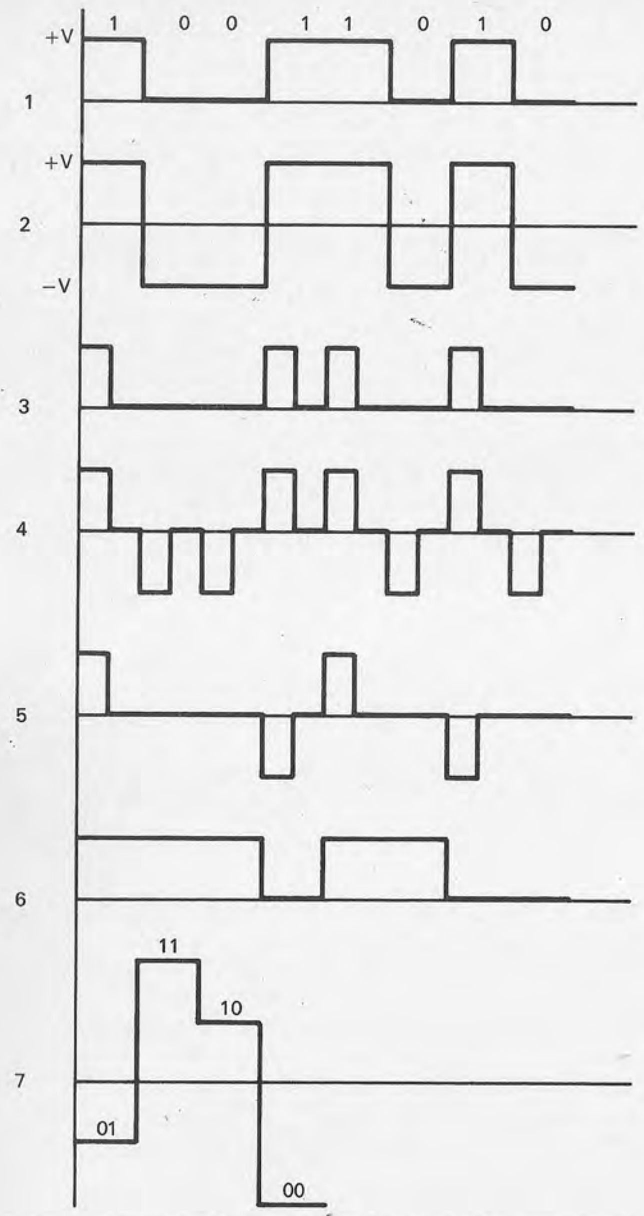


Figura 4.—Mensaje codificado en: Codificación unipolar (NRZ), codificación polar (NRZ), codificación unipolar (RZ), codificación polar (RZ), codificación bipolar o AMI (RZ), codificación por transiciones y codificación multinivel.

-V alternativamente en la línea. Los "0" se representa, por 0V. Si se reciben dos impulsos seguidos del mismo signo quiere decir que ha habido un error de transmisión.

6. **Por transiciones.** Los "1" se representan por un cambio de tensión en la línea de +V a "0" o de "0" a +V dependiendo del valor anterior. Los "0" no producen salto de tensión.

7. **Multinivel.** Vemos en la figura una onda de 4 niveles; cada nivel representa un grupo de dos bits.

- Tecnología

  La transmisión digital utiliza la tecnología de circuitos lógicos integrados, lo que representa reducidas dimensiones de los equipos, bajo consumo, mantenimiento sencillo y disminución de costes.

Parámetros de un sistema digital

Los parámetros fundamentales de un sistema de transmisión son: la cantidad de información que puede transmitirse en un tiempo determinado y la probabilidad de error.

En cuanto a la cantidad de información que se transmite debemos diferenciar entre velocidad binaria y velocidad de transmisión. La velocidad binaria, o régimen binario, es el número de bits por segundo que transmite. La velocidad de transmisión o velocidad de modulación mide el número de estados de modulación en la unidad de tiempo. Se mide en baudios. En una transmisión en banda base los estados de modulación son los niveles de voltaje. Así, por ejemplo, en señales NRZ binarias (2 niveles) la velocidad de transmisión y el régimen binario coinciden. Si la señal NRZ es de 4 niveles entonces tendremos que la velocidad de modulación en baudios será la mitad que la velocidad binaria en Bits/seg.

Con respecto a la probabilidad de error podemos decir que es una medida de la fiabilidad de la transmisión y que mide la proporción de errores en los bits o la probabilidad media de error de un bit. Valores típicos pueden oscilar entre 10 elevado a -4 en telegrafía y 10 elevado a -9 en las modernas técnicas de telefonía tipo MIC.

La transmisión digital

En la figura 5 se ve un ejemplo típico de transmisión digital con sus diferentes elementos. La información puede entrar en el sistema de transmisión de muchas formas: terminal, ordenador...

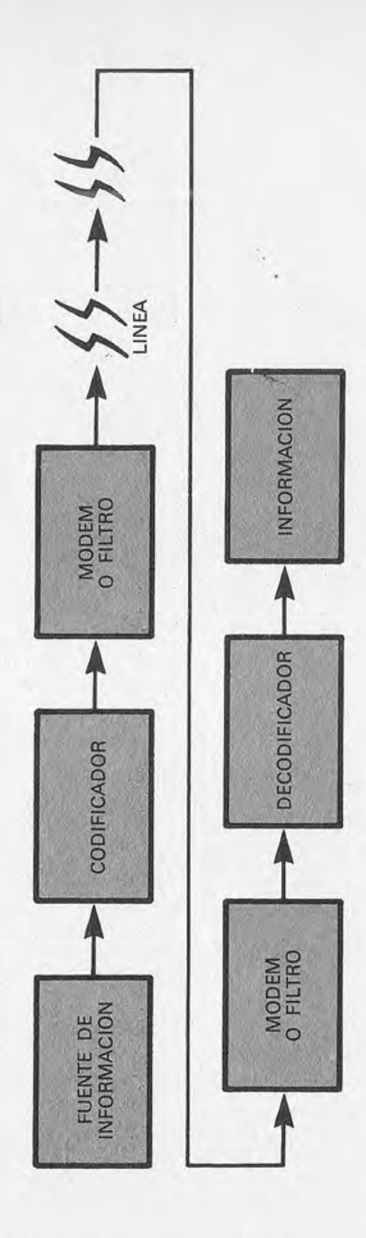


Figura 5.—En la transmisión digital la información se codifica y luego se envía a la línea en su banda o bien trasladándola en frecuencia mediante algún sistema de modulación. En el otro extremo de la línea un modem o un filtro recupera la información en su banda y posteriormente se decodifica.

Luego se codifica con alguno de los sistemas mencionados anteriormente. El modem (modulador-demodulador) es un filtro que acondiciona los impulsos en el caso de transmisión en banda base o un auténtico modulador en los casos de banda ancha. Cuando ya tenemos nuestra información debidamente codificada debemos enviarla al medio físico para que llegue al receptor. Tenemos dos formas posibles de efectuar el envío: volcar las señales a la línea tal y como salen del transmisor (entonces se denomina Banda base) o incorporar nuestra señal a una portadora de alta frecuencia (modulación digital).

La señal que viaja por la línea puede ser analógica o digital: será analógica si se utilizan los medios clásicos de telefonía: canal de 300 a 3.400 Hz o canales analógicos de banda ancha. La señal será digital si se usan las nuevas líneas de transmisión digital. En Redes Locales se suelen utilizar medios físicos propios de transmisión y la transmisión es, pues, digital.

Si la señal en la línea es digital, es normal el uso de repetidores regenerativos de la señal; los parámetros fundamentales en la transmisión son el ancho de banda y el régimen binario o velocidad.

La línea contribuye a los errores de transmisión, pero, aparte de esta limitación tenemos que tener en cuenta otras dos cosas: la atenuación, que es la que define la potencia recibida, y el ancho de banda. Estas dos limitaciones nos hacen pensar en dos tipos de líneas o canales:

- Limitados en potencia

  Son aquellos en los que no es fácil aumentar la potencia recibida, bien porque no se puede incrementar la potencia transmitida, porque no se puede reducir la distancia entre emisor y receptor, o porque no se puede mejorar ni la antena ni los aparatos de transmisión-recepción. Un caso de estos es la comunicación vía satélite y espacial.
- Limitados en ancho de banda

  Son aquellos en que en la transmisión existe un ancho de banda limitado, como el canal telefónico (300 a 3.400 Hz) o en los multiplexados en frecuencia en los que se divide el espectro en una serie de bandas estrechas. En estos casos se transmite con elevada potencia a fin de que se pueda efectuar correctamente la transmisión.

Transmisión digital en banda base

Fijémonos en la figura 6: vemos el modelo de transmisión digital en banda base mediante la cual las señales se envían directamente al medio físico.

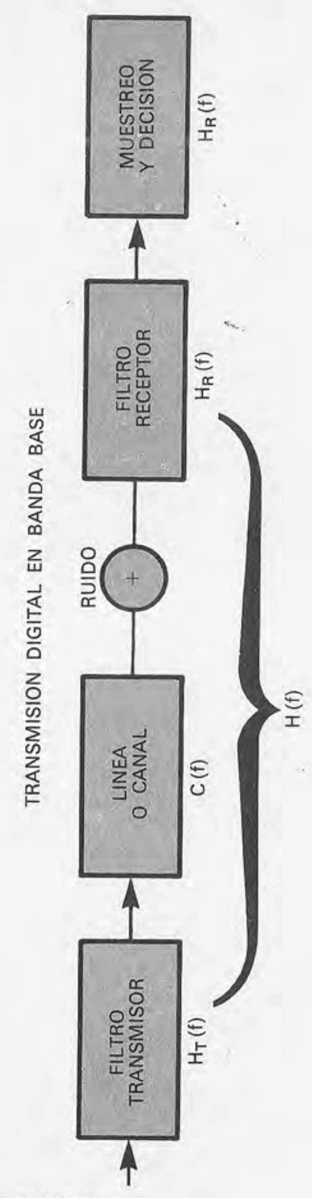


Figura 6.—Partes del sistema:
Ht(f) = función de transferencia del filtro transmisor.
C(f) = función de transferencia del canal o línea.
Hr(f) = función de transferencia del receptor.
H(f) = función de transferencia del sistema de transmisión.

Tenemos el transmisor, que se encarga de generar las señales con los distintos niveles de tensión en la línea. A continuación, el canal que representa el medio de transmisión. Un símbolo nuevo representa el ruido. Pensemos que una cosa es lo que nosotros enviamos a la línea y otra distinta es lo que puede llegar: el ruido se genera en la línea y en todos los puntos por los que pase la señal. El receptor se encarga de recoger lo que viene de la línea. El módulo de muestreo y decisión analiza las señales y las da un sentido para poder recuperar el mensaje.

Quizá nos preguntemos por qué hemos de tener en cuenta estas cosas: aunque la respuesta, con unas complicadas pero no demadiado difíciles fórmulas matemáticas, se podría dar, preferimos hacerlo de forma un tanto intuitiva, pero más rica pensando que con la sola lectura de estas líneas nadie va a pretender diseñar un sistema digital.

Recordemos algo acerca del estudio de las señales en el tiempo y la frecuencia.

Decíamos que las señales se podían estudiar en ambos campos y dimos algunos ejemplos de las formas de las señales en los dos terrenos. Cuando una señal atraviesa cualquier medio (el transmisor, el receptor, los amplificadores intermedios, el cable...) se produce siempre una pequeña deformación. Esta también puede ser estudiada en tiempo y en frecuencia; refiriéndonos a esta última diremos que se denomina función de transferencia la que define el comportamiento en frecuencia del dispositivo de que estemos hablando.

En nuestro modelo hemos de tener en cuenta, pues, las funciones de transferencia del receptor, del canal y del emisor. Cada una irá deformando la señal de una forma característica. Si consiguiéramos neutralizar con unas el efecto de las otras entonces nuestra señal llegaría casi sin distorsión. Así, si un elemento estrecha la señal y la eleva intentaremos poner otro detrás que la ensanche y la baje de nivel. Esto, a veces, no es sencillo, pero cuanto más nos acerquemos mejor será la comunicación.

Quedamos en que para el estudio en frecuencia lo que hacíamos era descomponer nuestra señal en un conjunto de señales sinusoidales, pero si nos fijamos en la transformada de Fourier de un impulso vemos que es una representación que llegaría hasta frecuencia infinita, aprovechamos para definir el ancho de banda como la zona en la que se acumula casi toda la energía de la señal.

Necesitaríamos transmitir una frecuencia infinita para poder enviar exactamente la señal por la línea: el hecho de que los medios físicos tengan también su ancho de banda quiere decir que dejan de trabajar a partir de una determinada frecuencias. Esto, en resumen, se traduce en que como no podemos enviar todas

las componentes espectrales tendremos siempre una distorsión de la señal.

Hasta ahora no hemos tenido en cuenta el ruido, ese mismo que se nos mete en una emisora de radio. Siempre que una señal atraviesa cualquier medio físico se le añade un ruido que enmascara un poco la señal. Esto está relacionado incluso con la agitación molecular, pero aquí basta decir que surge porque los medios absorben parte de la energía que transmitimos (y no podemos utilizar una potencia ilimitada en las transmisiones).

Como consecuencia de las deformaciones de la señal puede ocurrir que se confundan unos niveles con otros, unos con ceros o viceversa; este efecto se denomina interferencia de símbolos. Los problemas debidos exclusivamente al ruido se conocen como influencia del ruido. Dado que tener en cuenta estos dos problemas juntos es difícil, lo que se hace es aislarlos teóricamente y estudiarlos por separado.

El modelo propuesto nos ha servido para estudiar los dos fundamentales problemas que podemos tener en transmisión digital en banda base.

Modulación digital

Al igual que se pueden modular las señales analógicas (AM, FM, MP) las digitales también pueden modularse o incorporarse a una portadora y viajar con ella. De la misma forma que con señales analógicas podemos modular en amplitud, en frecuencia y en fase. Dado que las señales digitales son discretas, esto provoca, como se verá en las figuras, cambios bruscos en las formas de onda, lo cual da origen al nombre de las modulaciones, que se denominan "desplazamientos". Tendremos entonces modulación por desplazamiento de amplitud (MDA), modulación por desplazamiento de frecuencia (MDF) y modulación por desplazamiento de fase (MDP).

El ancho de banda de la señal modulada dependerá de tres parámetros:

- Tipo de impulsos de la moduladora.
- Velocidad de transmisión.
- Sistema de modulación.

Al igual que la transmisión en banda base, la bonanza del sistema se cuantifica por la probabilidad de error de los símbolos. Aquí el problema es algo diferente, ya que depende de la relación señal/ruido y este último depende en gran medida del sistema de recuperación o detección de la señal.

Disponemos de dos métodos básicos para la detección: detección sincrónica o coherente y detección por envolvente o no coherente. Siendo esta última, en general, más sencilla de realizar, pero con una probabilidad de error mayor a la coherente para la misma relación señal/ruido.

Modulación por desplazamiento de amplitud (MDA)

Lo que hacemos es asignar un valor de amplitud de portadora para cada nivel de la señal moduladora. En la figura 7 se puede apreciar claramente este hecho. También se puede comparar con

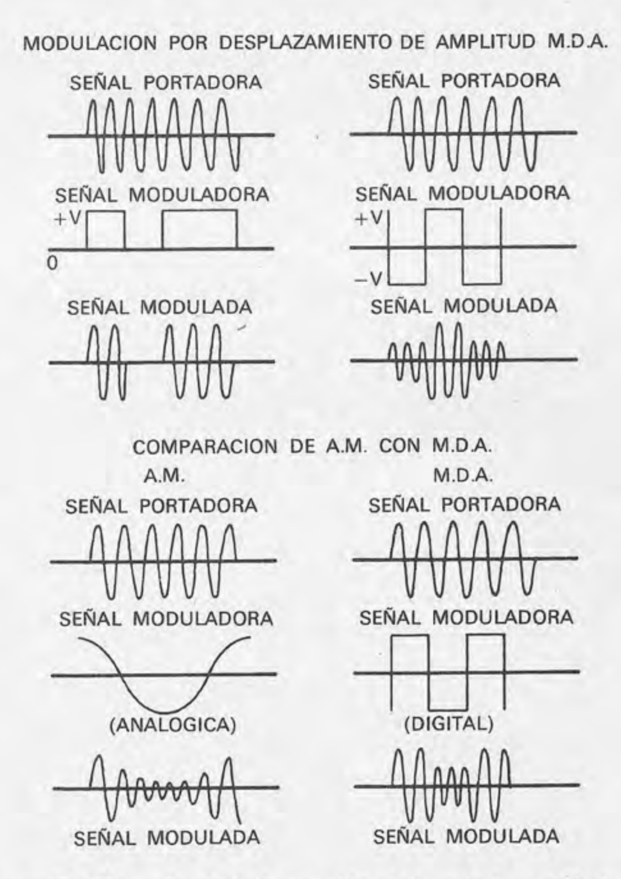


Figura 7.—Ejemplo de la formación de la señal modulada por desplazamiento de amplitud y comparación con el proceso de A.M.

la típica AM. Viendo la forma de onda de la MDA es fácil entender por qué se la denomina modulación todo/nada o por interrupción de portadora. El ancho de banda que se requiere para la transmisión de la señal modulada es 2W, siendo "W" el correspondiente al de la señal moduladora.

La detección coherente de la MDA se hace como indica la figura 8: la señal recibida se multiplica por una señal de la misma frecuencia y sincronizada en fase con la portadora. A continuación se eliminan las frecuencias no deseadas mediante el empleo de un filtro.

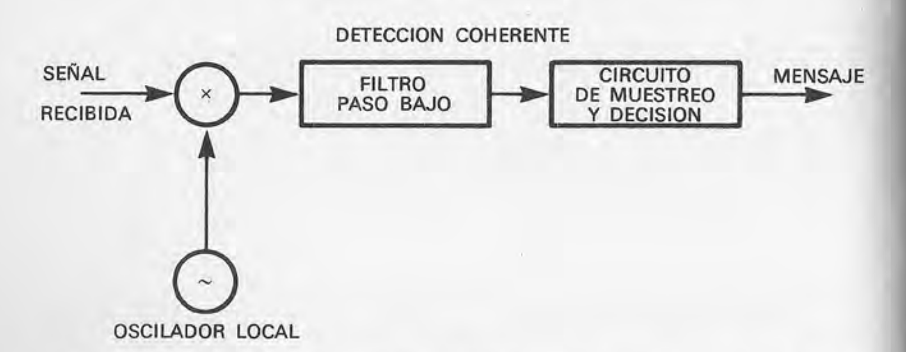


Figura 8.—La señal recibida estará formada por el mensaje + el ruido en la lína. El oscilador debe estar sincronizado a la frecuencia de la portadora. Al mezclarse las señales en el multiplicador de señales se obtiene una señal en banda base y otras más que deben ser eliminadas por un filtro. Muestreando la salida se obtiene el mensaje original.

La detección por envolvente (Fig. 9) se efectúa mediante un detector ideal de envolvente. De esta forma se procede a recuperar la información mediante un muestreo a la frecuencia correspondiente a la velocidad de transmisión.

De forma general podemos decir que si tenemos la misma relación señal/ruido entonces la probabilidad de error en la detección de envolvente es mayor que en la detección coherente; dicho en otros términos: la detección por envolvente es más vulnerable al ruido.

Si queremos aumentar las prestaciones de la detección por envolvente nos veremos obligados a incrementar la potencia, lo cual a veces es rentable por ser más económico el método de detección de envolvente que el coherente.

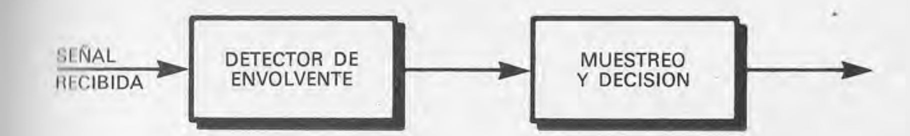
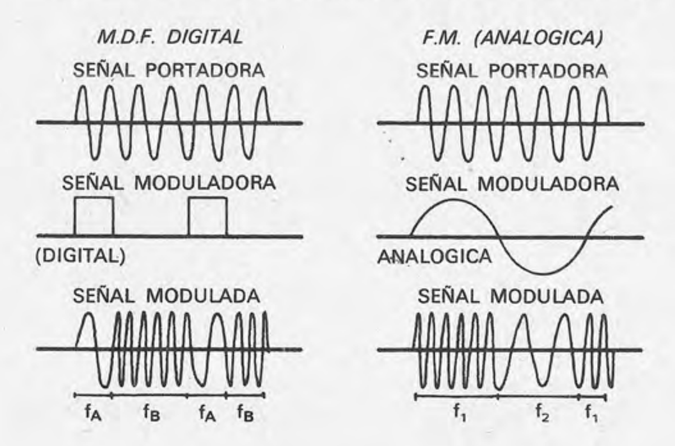


Figura 9.—El detector de envolvente se basa en el parecido que existe entre la envolvente y la portadora. El detector de envolvente es mucho más sencillo y económico que el detector coherente, ya que no necesita oscilador síncrono. Obtenida la envolvente basta con muestrear a la frecuencia de la portadora para recuperar la señal, que será interpretada por el circuito de decisión.

Modulación por desplazamiento de frecuencia (MDF)

En la modulación por desplazamiento de frecuencia la señal digital modula a la portadora; el resultado es una onda de la misma amplitud que la portadora, pero con frecuencia variable. La variación de frecuencia depende de la señal digital moduladora, de forma que la señal resultante puede descomponerse en trenes de señales alrededor de la frecuencia portadora. Puede, pues, descomponerse en dos señales MDA entrelazadas, pero de distinta frecuencia portadora; esto nos hace intuir que podrá detectarse por métodos de demodulación similares a la MDA. En la figura 10 vemos ejemplos de MDF y de la FM analógica.

- Detección coherente
  Debido a que una señal MDF es como dos señales MDA superpuestas podemos aprovecharnos de esto y utilizar la detección coherente como en MDA; la diferencia será que tendremos que usar dos osciladores y dos multiplicadores en lugar de uno solo. Un esquema típico de detección coherente de MDF se ve en la figura 11, basado en dos osciladores locales con sus respectivos multiplicadores. Obteniendo la diferencia entre ambas salidas sólo nos resta un filtro de ancho de banda adecuado y a partir de ahí el elemento de muestreo y decisión.
- Detección por envolvente
  Volviendo a aprovechar el que la MDF está conformada por dos MDA, lo que hacemos es separar las dos frecuencias con sendos filtros y, a continuación, el detector de envolvente correspondiente. Las dos salidas se restan y a partir de ahí ya se puede efectuar el muestreo y decisión. Esto se puede observar en la figura 12.



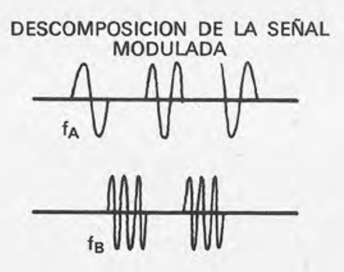


Figura 10.—En las figuras vemos la modulación en frecuencia, tanto de señales analógicas (la tradicional FM de radio) como de señales digitales o MDF. La señal de MDF puede verse como la superposición de señales de distintas frecuencias, lo que es utilizado para la detección.

Tal como dijimos anteriormente, la detección coherente tiene una probabilidad de error menor que la envolvente, pero al exigir aquélla el uso de dos osciladores síncronos separados hace que la detección de envolvente sea bastante frecuente.

Si comparásemos numéricamente la MDA y la MDF veríamos cómo tienen semejantes probabilidades de error. Existen otros factores, no obstante, que inclinan la balanza hacia la MDF: en la MDF se recibe con la misma amplitud siempre, lo cual permite recortarla, con lo que se pueden eliminar ciertas perturbaciones que se añaden a la señal, y la MDF tiene mejor comportamiento que la MDA para relaciones señal/ruido débiles.

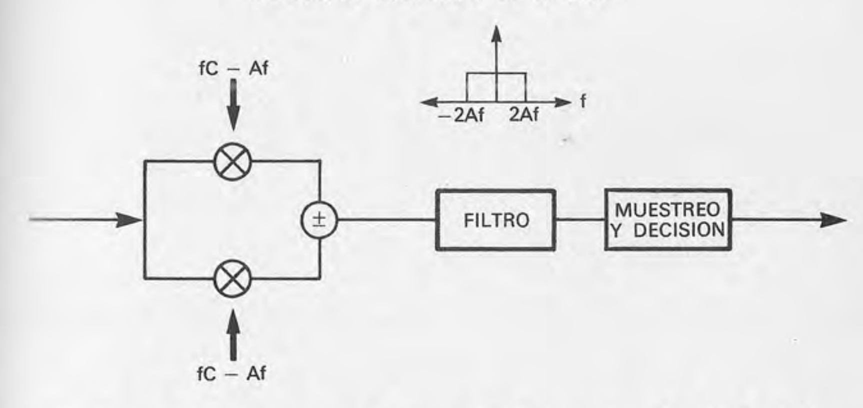


Figura 11.—Aprovechando que la MDF equivale a dos MDA de frecuencias diferentes juntas, la detección se hace con dos osciladores locales, dos multiplicadores y un filtro. El módulo de muestreo y decisión

Modulación por desplazamiento de fase (MDP)

En la modulación por desplazamiento de fase, la fase de la portadora va tomando valores dependiendo de la forma de la moduladora. Estos valores son un conjunto discreto. En la figura 13 se ve una forma típica de MDP; la señal es parecida a la de MA (DBL sin portadora) en la que hay una variación de amplitud con inversión de fase. La detección se realiza como en MDA coherente.

Modulación diferencial de fase

Es una variante de la MDP en la que no es necesaria la detección síncrona. Esto es posible gracias a que en la detección se utiliza el bit anterior como fase relativa. La información que se desea transmitir produce o no un desplazamiento de fase, lo que requiere un sistema especial llamado codificador diferencial.

En un codificador diferencial además de la señal que queremos transmitir hay que generar otra auxiliar que empieza con un bit aleatorio y que vale "1" mientras la señal no cambia de valor y "0" cuando cambia.

En la demodulación se hace el proceso inverso y la señal auxiliar es la misma que se recibe, pero con un desplazamiento.

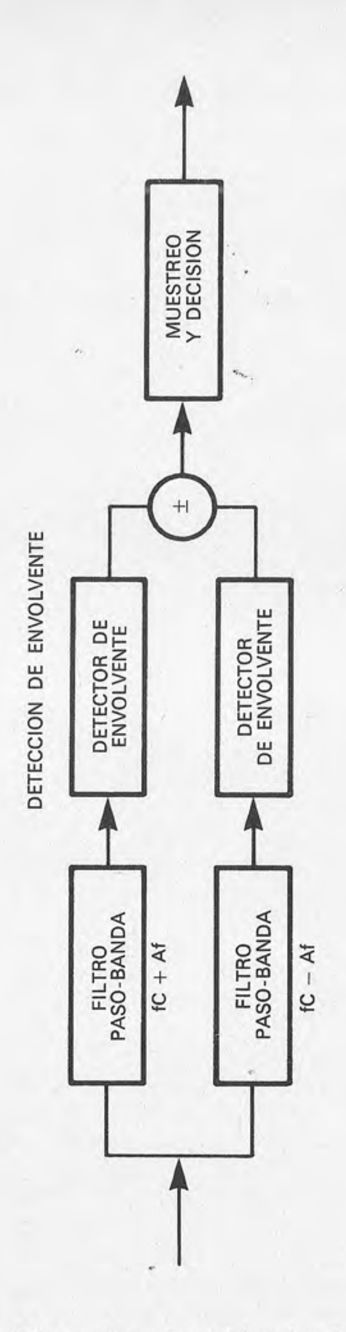


Figura 12.—También aquí se aprovechan las dos MDA. Los filtros separan cada una de las componentes.



Figura 13.—En la MDP existe variación de la amplitud de la portadora y también inversiones de fase.

Asignación del medio

Hemos visto los sistemas de modulación digitales, veamos ahora otros sistemas que permiten un gran aprovechamiento de las líneas. En redes locales lo habitual es la modulación digital; no obstante lo cual, en algunas redes de ordenadores se recurre a estas técnicas, tradicionales de las telecomunicaciones.

A fin de que la explotación de la línea sea buena, lo que se hace es intentar transmitir muchos mensajes al mismo tiempo; esto se denomina multiplexión. Con esto se consigue aumentar el rendimiento, ya que se pueden atender a muchos nodos a la vez.

Dos son los sistemas más utilizados de multiplexión: Multiplex por división de frecuencia (FDM) y multiplex por división de tiempo (TDM).

Multiplex por división de frecuencia (FDM)

Consiste en dividir el ancho de banda total disponible en estrechas franjas, cada una de las cuales será un canal.

La multiplexión en frecuencia consiste en enviar por la misma línea muchas portadoras de frecuencias diferentes que previamente han sido moduladas con sus respectivos mensajes. El resultado es que tenemos un canal o línea dividido en un elevado número de subcanales. El número de canales de que podemos disponer depende del ancho de banda total con que contemos y del ancho que queramos dar a cada uno de los canales.

El *ancho de banda de cada subcanal* depende del mensaje que queramos trasmitir; si queremos enviar una conversación telefónica necesitaremos 3 Khz; si fuese un canal de televisión nos

vamos a los Mhz, y si conectamos varios ordenadores en forma de red local entonces se incrementa aún más.

El *ancho total del canal* depende de los elementos técnicos de que dispongamos. Al margen de los generadores de portadora tenemos que tener en cuenta también el medio físico de transmisión. Si usamos hilos de cobre no podremos conseguir frecuencias superiores a algunos cientos de Khz; si usamos coaxiales entonces podemos hablar de muchos Mhz, y si disponemos de fibras ópticas podríamos llegar a Ghz. La asignación de emisoras de radio en el espacio sería también un caso de multiplexión en frecuencia, pero no hablaremos de ello.

En la figura 14 podemos ver cómo se ejecuta el proceso: los distintos mensajes (analógicos) se modulan de forma individual cada uno con su portadora de forma que no se solapen las frecuencias de unos con otros. Todas las portadoras moduladas se juntan y se envían así; a veces, antes de meterlas en el medio físico todas juntas se vuelven a modular a una frecuencia superior y es en esta portadora donde viajan.

La recuperación del mensaje se realiza mediante demodulaciones sucesivas, primero de la frecuencia en que viajan todas juntas y después, en una segunda fase, se separan todos los mensajes.

El principal problema que presenta el FDM es la *diafonía* o interferencias entre un mensaje y los adyacentes. Ocurre debido a faltas de linealidad que provocan que un mensaje module parcialmente diversas portadoras además de la propia. También ocurre por filtrajes no demasiado buenos cuando los espectros están muy próximos. Para evitar este problema, los diferentes espectros se separan entre sí por unos espacios en blanco.

Multiplex por división del tiempo

En este caso lo que se hace es repartir el tiempo entre los nodos, se asignan bloques de tiempo por turno a todos los usuarios. Cada usuario, durante ese tiempo asignado, es el dueño del canal y puede transmitir todo el mensaje o parte del mismo. Esto difiere del método anterior en que muchos usuarios compartían el mismo canal, pero los mensajes estaban multiplexados en frecuencia.

El MDT es realmente muy simple. Las señales a transmitir (de banda limitada) se muestran secuencialmente mediante un conmutador electrónico. La velocidad de muestreo debe ser lo suficientemente alta como para no perder información (como mínimo, el doble del ancho de banda de las señales muestreadas). El conjunto de las muestras correspondientes a todos los canales se denomina *trama*.

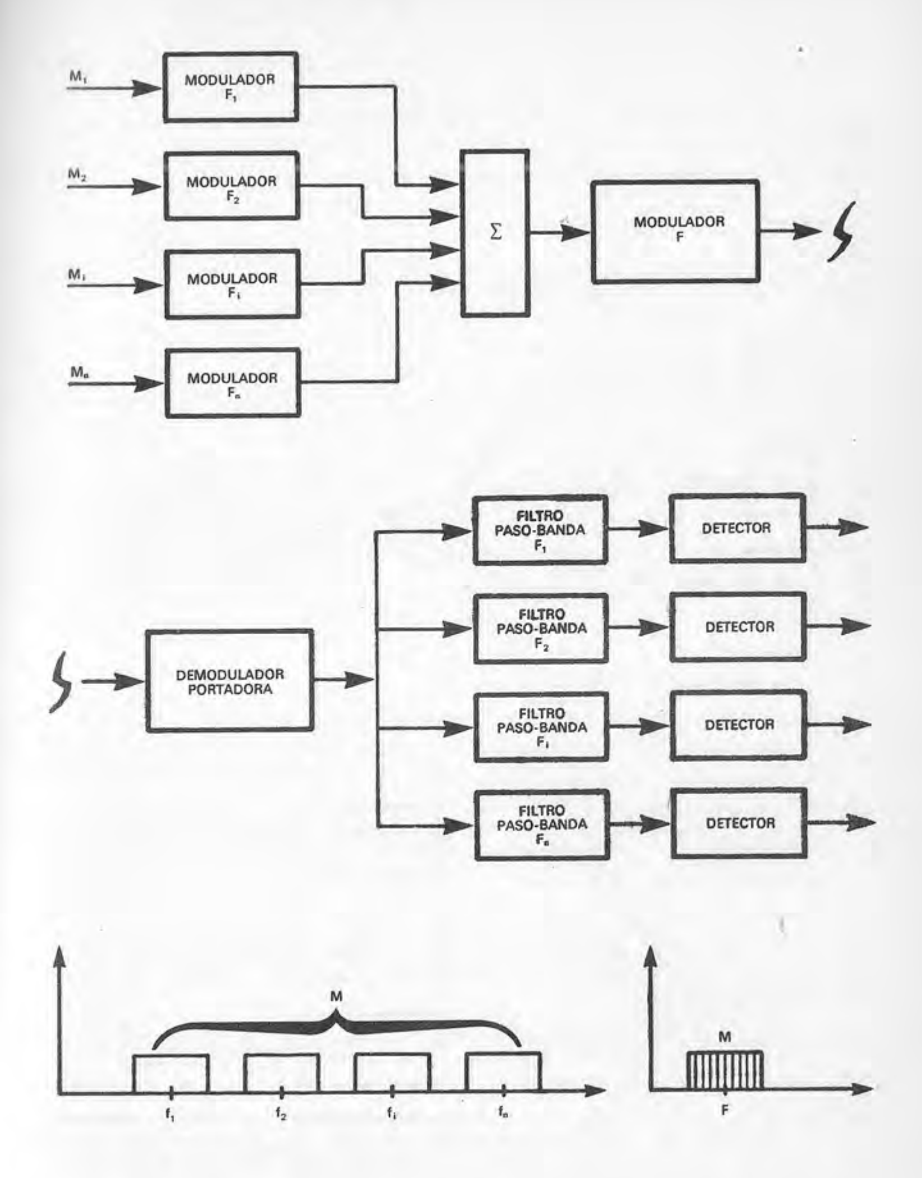
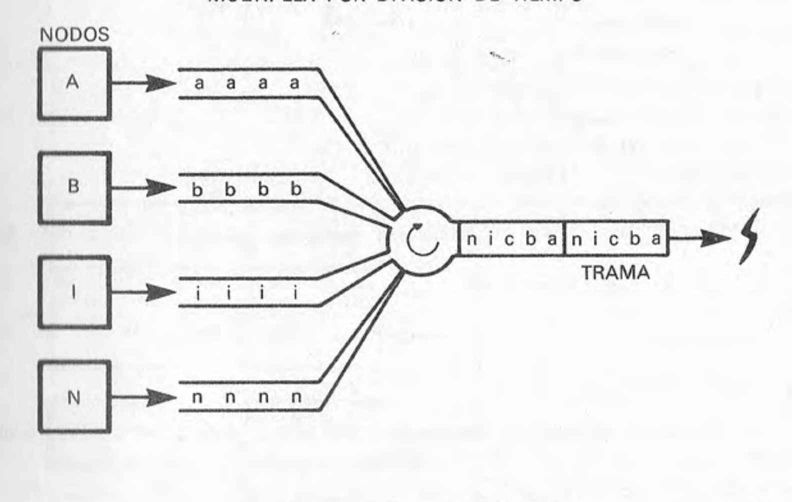


Figura 14.—Cada mensaje se modula con una frecuencia distinta. Todas las señales multiplexadas sufren juntas una traslación en frecuencia o nueva modulación. En la recepción sucesivos filtros van aislando las distintas bandas; por último, los detectores se encargan de recuperar los mensajes.

En el receptor las muestras se separan mediante un sistema sincronizado de conmutación y se envían a unos filtros paso bajo que reconstruyen los mensajes originales. El punto más crítico es que se exige una correcta sincronización entre el emisor y el receptor. La figura 15 nos describe el proceso del TDM.



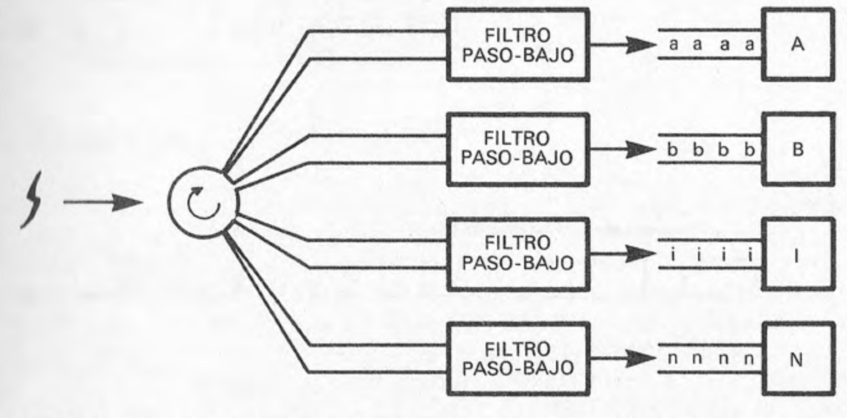
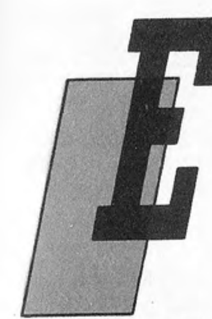


Figura 15.—El tiempo se reparte ordenadamente entre todos los nodos. A la línea se envía una fracción de cada mensaje, lo que constituye la trama que viaja por la línea. En la recepción mediante un conmutador sincronizado, se separan las fracciones de mensajes. Un filtro paso bajo se encarga de recuperar solamente las frecuencias banda base.

Comparando con el FDM podemos decir que el TDM requiere unos sistemas electrónicos realmente simples. El único punto crítico en TDM es la sincronización. Como no hay separación de frecuencias en bandas no hay problemas de diafonía como existía en el TDM. En la modulación en banda base los impulsos presentan colas que pueden provocar interferencias de símbolos; para evitar esto se prevén unos tiempos de guarda o separación entre símbolos y entre tramas.

CAPITULO IV

NIVEL DE ENLACE



El nivel de enlace es el nivel número 2 en el modelo OSI y es desarrollado de forma particular en las redes locales. Veremos en este capítulo los dos subniveles: el control de enlace lógico y el control de acceso al medio.

Dentro del primero se ve el formateo del mensaje y cómo pasa de un subnivel a otro. También se ve, aunque sólo de pasada, la detección y corrección de errores.

En el segundo se ven las técnicas de acceso al medio más utilizadas, como son el paso de testigo y el CSMA/CD, aunque también se citan algunas otras.

Control de enlace lógico

Como ya dijimos en el capítulo 1, el nivel de enlace se había dividido en dos: el control de enlace lógico y el nivel de acceso al medio (Fig. 1). Esto se determinó en la comisión 802 del IEEE a fin de conseguir a nivel de enlace una independencia de las R.L., respecto a la topología y al medio de transmisión, al ser dos puntos posiblemente cambiantes en la evolución de una red local. La misión del enlace lógico es enviar datos a otro nivel equivalente en el receptor y asegurarse de que no hay error en la transmisión.

Para efectuar la transmisión no basta con enviar los datos a la línea, sino que hay que hacerlo de una cierta manera: debemos decir a quién va el mensaje, qué tipo de mensaje es, el mensaje en sí y, por último, elaborar un sistema de detección de errores

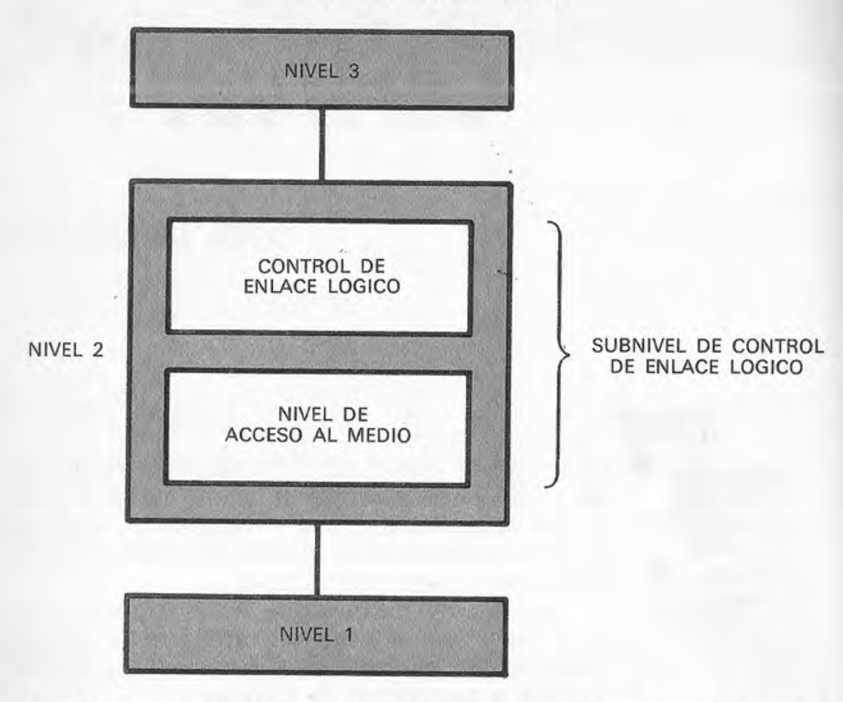


Figura 1.—El nivel 2 está dividido en dos subniveles, así el control de enlace lógico es independiente del medio y de la forma de acceso.

en el destino. Así, en el control de enlace lógico se arropa a la información de forma que no viaje sola.

Lo que realmente enviamos es una secuencia de campos como sigue:

[Dirección] + [Control] + [Mensaje] + [Detección de errores]

El primer campo es el de dirección, en el que se dice quiénes van a ser los destinatarios del mensaje. El segundo campo, de control, indica el tipo de mensaje a enviar; también puede utilizarse para el control de flujo. El tercero lleva la información previamente formateada y el cuarto sirve para detectar en el receptor si ha habido un error de transmisión y, en este caso, si hay que proceder al reenvio o se puede corregir. Esto se ve gráficamente en la figura 2.

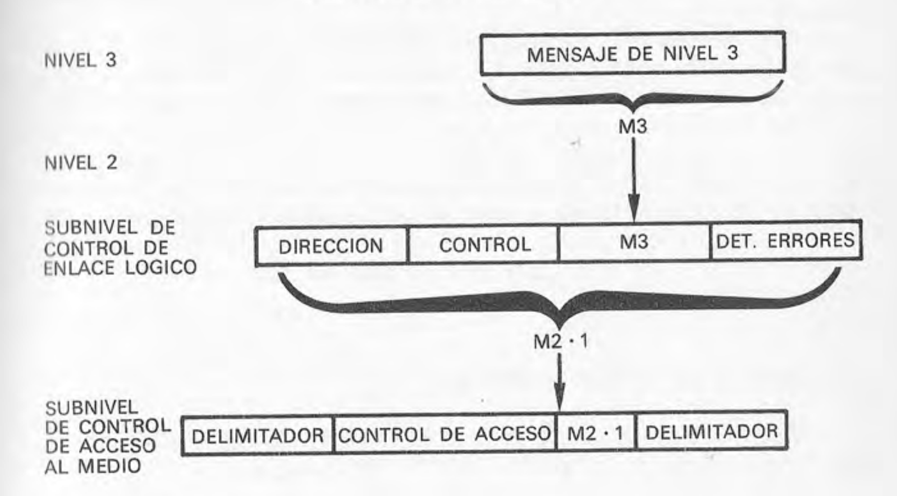


Figura 2.—Al mensaje, según va bajando en la pirámide, se le van añadiendo más y más datos para asegurar que la información llega correctamente a su destino.

En las R.L., el direccionado se realiza en el subnivel de enlace lógico (en las grandes redes no) y puede ser de tres tipos: individual, de grupo, y total. En el direccionado individual sólo hay un destinatario para el mensaje, en el de grupo son un conjunto de estaciones las destinatarias del mensaje y, por último, en el direccionado total todas las estaciones de la R.L. son destinatarias del mensaje.

El formato del campo de direcciones suele ser muy sencillo: el primer bit puesto a "0" indica direccionado individual, y "1" se interpreta como direccionado total.

Hemos visto cómo el mensaje se arropa con otra información añadiéndole los campos de direccionado y de control antes del mensaje y el campo de detección de errores después. En el subnivel inferior, control de acceso al medio, se vuelve a hacer una cosa parecida se antepone al mensaje un campo delimitador y otro de control de acceso y se sitúa detrás un campo delimitador.

[Delimitador] + [Control de Acceso] + [Mensaje nivel sup.] + [Delimitador]

Observamos así que, según va bajando de nivel la información se le van añadiendo más y más cosas. En el receptor irá ocu-

rriendo lo contrario y a medida que va subiendo de nivel va perdiendo información auxiliar.

Al mensaje del subnivel de enlace lógico hemos visto que se le añade un campo de detección de errores. Suele utilizarse el mecanismo de redundancia cíclica, que permite una alta tasa de detección de errores; cuando los errores son detectados entonces se solicita una nueva transmisión de la información. Cabe resaltar que esta protección de redundancia cíclica sólo afecta a los campos de direccionado, de control y de mensaje, pero que los delimitadores y el campo de control de acceso no están arropados por el detector de errores y que un fallo en ellos no sería detectado en este nivel.

Detección y corrección de errores

Veamos una ligera descripción de los métodos de detección de errores más comunes:

- VRC (Vertical redundancy check)
  Es más conocido como bit de paridad. Consiste en añadir un bit más por cada byte transmitido. Genera y chequea en cada carácter la paridad. Su generación es muy sencilla y barata, ya que no necesita más memoria, se genera por hardware y muchos interfaces lo incluyen por defecto. Desde el punto de vista de transmisión representa 1 bit por carácter transmitido. No es demasiado seguro y la probabilidad de detectar un error no es muy alta.
- LRC (Longitudinal redundancy check)
  Consiste en varios bits de paridad, que corresponden a determinados bits del carácter que se pretende transmitir. Forma un carácter que corresponde a la paridad de los caracteres enviados. Suele ir en combinación con VRC. También puede ser generado por hardware.
  Veamos un ejemplo de paridad longitudinal y transversal:

Paridad	Información
0	0000000
1	0000001
1	0000010
0	0000011
1	0000100
0	0000101
0	0000110
1	0000111
1	0001000
0	0001001
0	0001010
1	0001011
0	0001100
1	0001101
1	0001110
0	0001111
1	0010000
1	0100000
1	1000000
1	1110000

- CRC (Cyclic redundancy check)
  Es una técnica más sofisticada que las anteriores. Se basa en la división de polinomios (módulo 2). Cuando un conjunto de bits va a ser transmitido se considera como un polinomio binario. Este polinomio se divide por otro específico, determinado previamente, y el resto de la división se añade a la transmisión. En el extremo de la línea se realiza la misma operación y se comparan los restos.

El proceso es como sigue:

— En el emisor se divide un bloque definido de datos por el polinomio generador, se produce un resto, se añade a la información y se envía.
— El receptor separa los datos del resto, hace la misma operación y compara ambos restos.
— Si los bits erróneos forman un grupo inferior al resto se detecta siempre el fallo.
— Si el grupo es superior al resto puede haber ocasiones en que el error no sea detectado.
— La probabilidad de errores no detectados es de uno en cada 2 elevado a "n", siendo "n" el número de bits del resto.

Este método es muy certero, pero cuando se detecta la información errónea no permite su recuperación.

Cuando en la transmisión se ha detectado la presencia de errores podemos elegir entre tres posibilidades:

— Ignorar el error. Se usa, por ejemplo, en telemedida, donde los datos suelen ser muy repetitivos y perder una secuencia no es grave.

— Autocorregir el error. Se utiliza este método cuando el reenvío de la información es cara (vía satélite) o cuando es imposible la retransmisión. Podemos ver un ejemplo: Queremos retransmitir el siguiente mensaje de datos: 1101 (d0, d1, d2, d3).

Hallamos los bits de paridad (par)
b1 (d0, d1, d2) = 0
b2 (d0, d1, d3) = 1
b3 (d0, d2, d3) = 0

Lo que enviamos a la línea es 1100110 (d0, d1, d2, b1, d3, b2, b3)
Si recibimos 0100110 (r7, r6, r5, r4, r3, r2, r1)

Recalculamos la paridad
p1 (r7, r6, r5) = 1
p2 (r7, r6, r3) = 0
p3 (r7, r5, r3) = 1

Introduciendo esto resulta

Recibido 0100110
Calculado 0101101 de donde deducimos

1011 ————0111 ——— bit erróneo r7

El teóricamente transmitido será 1100110 que coincide con el que de verdad se transmitió.

— Pedir el reenvío. Es la más utilizada en transmisiones y también en las redes locales.

Nivel de acceso al medio

En las R.L., el medio físico de transporte suele ser común; esto implica que hay que prever un protocolo que permita el acceso al medio a todos los usuarios de la red. Este protocolo, junto con la topología, constituyen las características más importantes de la red local.

El subnivel de acceso al medio es el responsable de que en un momento dado y dependiendo del estado de la red se facilite o no al acceso al medio.

Ya hemos visto anteriormente que en el formateo de la información interviene mediante la inserción de los campos delimitadores (de principio y fin) y añade un campo de control de acceso al medio. De esta forma logramos que el subnivel de enlace lógico sea independiente de la forma de acceso y del medio.

Veamos ahora los distintos mecanismos de acceso al medio.

Ranuras

Este método de acceso se empezó a usar en antiguas redes de radio Aloha, que comunicaba ordenadores en las islas Hawai y como tal no se usa hoy en las R.L., pero dado que nos da idea de la evolución de los métodos de acceso la comentaremos brevemente.

Consiste en dividir el tiempo en unas "ranuras" de suerte que cada usuario pueda utilizar una cuando le llega el turno (Fig. 3).

Si pensamos en una red en la que todos los nodos tengan exactamente las mismas necesidades de comunicación no habrá ningún problema, pero la realidad no suele ser así, de forma que muchas rodajas de tiempo se pierden y no son utilizadas. Un gran porcentaje del tiempo la red está inutilizada debido a que los dueños de las ranuras no las usan y, por contra, no se pueden transmitir todos los datos que algunos nodos quisieran. En resumen, la red está inactiva durante un período largo y, al mismo tiempo, no puede satisfacer las necesidades de los nodos más activos. Como solución a esto se ideó el que las ranuras no fueran asignadas a los nodos, sino que cuando un nodo tiene un mensaje que enviar aprovechaba la siguiente ranura para efectuar el envío. Si varios nodos estaban en la misma situación de espera es claro que se enviaban al mismo tiempo, con lo que ninguno de los dos eran recibidos en buenas condiciones y debían retransmitirse.

Para evitar todas estas pérdidas de tiempo se idearon otros sistemas de acceso. Una variante es la ranura vacía o anillo de Cambridge. Como su nombre indica se puede utilizar en topologías tipo anillo. El funcionamiento es básicamente muy sencillo. Por el anillo circula un código previamente establecido que indica cabecera de ranura vacía, esto es, que se puede enviar un mensaje. Cuando un nodo recibe este código y tiene mensajes pendientes de envío lo que tiene que hacer es cambiar el último bit de este código indicando cabecera de ranura llena. A su paso por los otros nodos este código impedirá que éstos envíen los mensajes que tuvieran en espera. Solamente cuando el nodo que envió el mensaje lo recibe de vuelta cambia el código de cabecera llena por el de cabecera vacía, lo cual permitirá al resto de nodos de la red que empiecen a transmitir. En caso de disponer de estación principal se encargará de quitar el mensaje del anillo cuando lo reciba por segunda vez si no lo ha hecho el nodo principal.

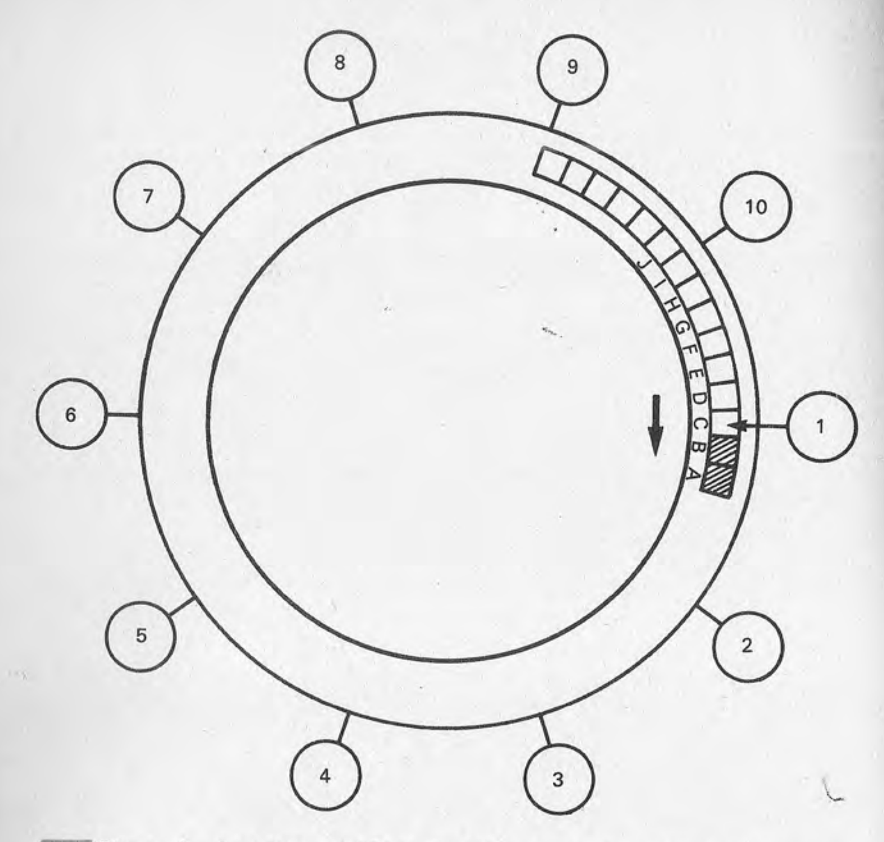


Figura 3.—Las ranuras "A" y "B" están ocupadas, por tanto no pueden ya usarse. La "C" es la primera libre, la estación 1 la aprovecha para poner en ella su mensaje.

Entrega de testigo (Token)

Muy utilizada en topologías de anillo (también se usa en topologías de bus) se basa en poner en circulación un testigo en el anillo (Fig. 4). Esta misión se encarga a un nodo principal o a un nodo monitor, quien además vigilará de que siempre esté. Cuando un nodo quiere enviar sus datos deberá esperar (estado de escucha) a que pase el testigo, cogerlo (estado de posesión del testigo) y retenerlo; entonces envía su mensaje e inmediatamente devuelve el testigo al anillo (estado de escucha). Este volverá a circular hasta que sea cogido por otro nodo y así sucesivamente (ver figuras 5 y 6).

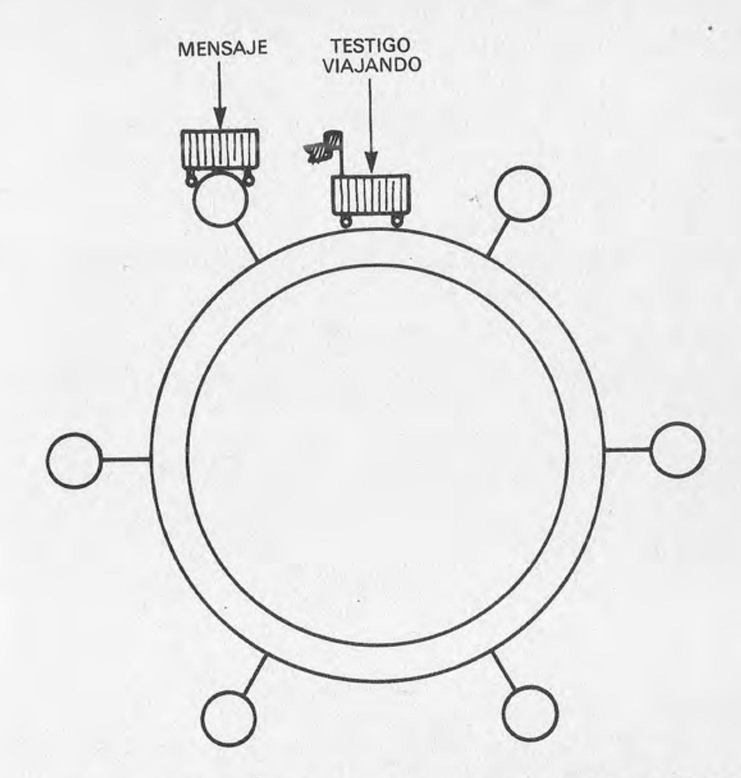
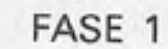


Figura 4.—El testigo viaja (por un bus o un anillo) hasta llegar a un nodo que tiene un mensaje.

Para que la operación de recogida del testigo sea rápida, el formato del testigo es exactamente igual (salvo un bit llamado bit de testigo) al de cabecera del mensaje (el testigo suele ser 8 unos seguidos y la cabecera 7 unos y un cero); si un nodo quiere coger el testigo lo que tiene que hacer es, según recibe el testigo, cambiarle un bit y añadir su información. Cuando ha terminado de enviar su mensaje o se le ha terminado el tiempo asignado deberá generar un testigo y ponerlo en la línea.

Este método también puede usarse en topologías de tipo bus, pero en este caso hay que reconstruir un anillo lógico de alguna forma para que la cosa funcione. En cada estación del bus hay que especificar quién será el siguiente en el anillo lógico. Si hay cambios en el número de nodos hay que redefinir el orden.

Es un buen método, ya que funciona bien aunque haya carga en la línea; además se pueden asignar prioridades a los distintos



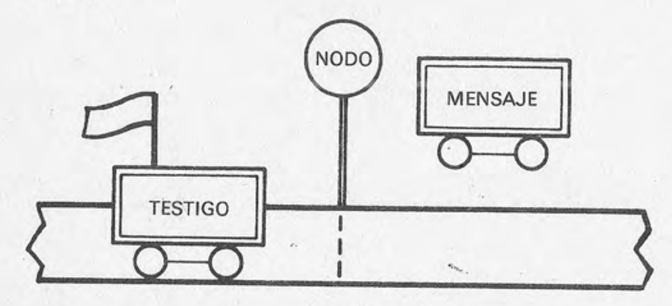


Figura 5.—Fase 1: El testigo llega a un nodo que tiene mensajes que entregar.

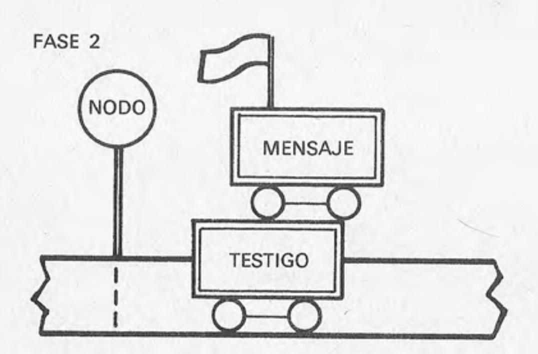


Figura 5.—Fase 2: El nodo se guarda el testigo y pone el mensaje en la línea.

nodos e incluso se pueden definir tiempos de utilización más o menos largos para cada nodo.

En la topología en anillo un mensaje enviado por un nodo se recibe en el siguiente, éste lo retransmite al contiguo y así sucesivamente. Con esto tendríamos que el mensaje estaría dando vueltas indefinidamente; normalmente, para evitar estas situaciones quien envía un mensaje al anillo se encarga de retirarlo cuando vuelve a recibirlo.

Un fallo en el campo de direccionado haría que nadie reconociera el mensaje y por tanto nadie se encargaría de eliminarlo

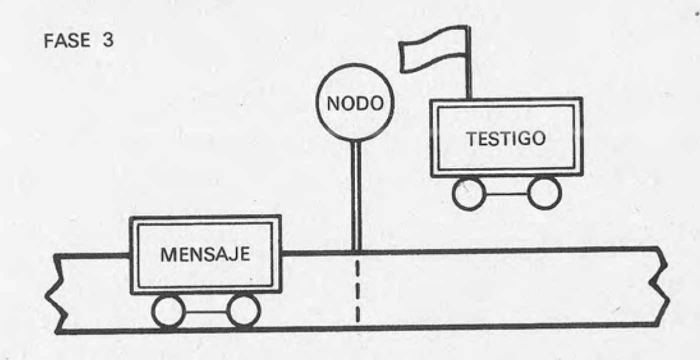


Figura 6.—Fase 3: El mensaje vuelve al punto de partida.

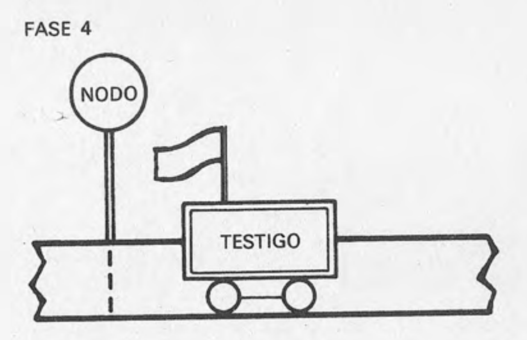


Figura 6.—Fase 4: El mensaje es eliminado y el testigo pasa a la línea.

de la línea. Si hubiera un nodo principal se encargaría de ello, y si no, se asignaría la misión a otro nodo.

Exploración

Las técnicas de exploración consisten en ir preguntando a cada estación si desea o no transmitir información. En caso de respuesta afirmativa se empieza el envío y en caso contrario se interroga a la siguiente estación.

Evidentemente, usando estas técnicas nunca pueden existir colisiones entre dos o más usuarios que quieran intervenir, ya que sólo lo harán después de que se les haya preguntado y contesten afirmativamente.

La exploración centralizada consiste en la adopción de un nodo principal que toma el mando de la comunicación y se encarga de interrogar al resto. Esta técnica, por tanto, puede ser utilizada en topologías del tipo de estrella en las que el nodo central toma las riendas de las comunicaciones, y también puede utilizarse en topologías de anillo en las que exista un nodo de control.

La interrogación puede ser secuencial en un primer estadio, pero si se detecta que unos nodos solicitan comunicación más frecuentemente que otros, entonces se puede preguntar con más frecuencia a los que más intervienen. De esta forma se gana tiempo evitando preguntas y respuestas inútiles. Si un nodo es muy activo inicialmente pero después decae, poco a poco el nodo principal le irá haciendo cada vez menos caso y pasará más tiempo entre dos interrogaciones sucesivas. Si, por el contrario, un nodo inicialmente poco activo, a partir de un momento dado cada vez que se le pregunta contesta afirmativamente deberá poco a poco esperara menos tiempo entre dos preguntas consecutivas. Esto permite que el rendimiento de la red no sea demasiado bajo.

Escucha del medio y colisiones

Para empezar a emitir las estaciones deben detectar que el medio no está siendo usado, para lo cual deben escuchar. Si detectan que no hay tráfico entonces emiten; si la línea está ocupada deben esperar cierto tiempo antes de volver a intentar la comunicación.

Hasta ahora todo va bien, pero ¿qué ocurre si dos nodos detectan que el medio está libre e intentan transmitir en el mismo momento? Evidentemente ocurrirá una colisión. En los métodos anteriores de acceso al medio esta posibilidad no podía ocurrir. Las técnicas que admiten colisiones se denominan de competencia y estudian la forma de evitarlas.

La técnica más utilizada es CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detect). Como su nombre indica ("acceso múltiple"), cualquier nodo que detecte que la línea está libre puede empezar a transmitir sus mensajes. Al no tener que esperar, como en los sistemas de testigo o de exploración, el acceso es mucho más rápido, pues los tiempos de espera se reducen notablemente.

La "detección de portadora" quiere decir que cada estación puede detectar que hay tráfico en la linea, y, en este caso, esperar: escuchar antes de hablar. Ya hemos dicho que puede darse el caso de que dos nodos oigan al mismo tiempo que la línea no tiene tráfico y comiencen a emitir, entonces es cuando actúa la "detección de colisiones". Las colisiones son descubiertas por cada estación analizando el nivel de energía que hay en la línea; una vez descubierta la colisión los nodos dejan de transmitir, esperan un cierto tiempo y lo vuelven a intentar.

El tiempo de espera antes de reintentar la transmisión puede determinarse de diferentes formas (según sean tendremos distintas variantes del CSMA). Después del período de espera se vuelve a intentar y, caso de ocurrir una nueva colisión, se va incrementando el período de espera y se envía a la línea un mensaje especial que indica al resto de los nodos que ha ocurrido otra colisión. Está claro que cuantas menos colisiones ocurran más eficiente será la red.

Este método de acceso es bastante eficaz; pensemos que una vez que se ha empezado a transmitir y no se ha detectado colisión ésta ya no puede ocurrir hasta que el nodo deje de transmitir, ya que cualquier otro escuchará que la línea está ocupada y esperará. Cuando un nodo ha empezado a transmitir y no ha habido colisión se dice que ha "cogido" el canal y hasta que no lo suelte no podrá ser cogido por otro.

Así, pues, el secreto de esta técnica consiste fundamentalmente en la escucha antes y durante la transmisión. Podemos decir en este caso que los nodos son muy "educados": si notan que nadie habla entonces lo intentan, pero si descubren que hablan al mismo tiempo que otro, entonces ambos se callan y lo vuelven a intentar después: mientras esto ocurre los demás escuchan atentamente. Dependiendo del tráfico de la red en cada momento el aprovechamiento será mejor o peor. Para aumentar en cada caso la efectividad existen varios métodos que calculan el tiempo de espera una vez que se ha producido una colisión.

- CSMA/CD, del que ya hemos hablado. Se emite un paquete y se escucha simultáneameente (Fig. 7). Si lo que se escucha no coincide con lo que se transmite significa que hubo colisión y se deja de emitir inmediatamente. El tiempo de espera una vez detectada la colisión es aleatorio. Como máximo, será proporcional al número de colisiones que se han producido al intentar enviar el mensaje. Con esto se consigue que cuando hay pocas colisiones se reintente inmediatamente, pero que si la línea está muy cargada los reintentos se vayan distanciando para evitar muchas colisiones. Este método de acceso es utilizado por la red Ethernet y el rendimiento es del 90%.
- CSMA 1.— Persistente. Se está escuchando y en cuanto se

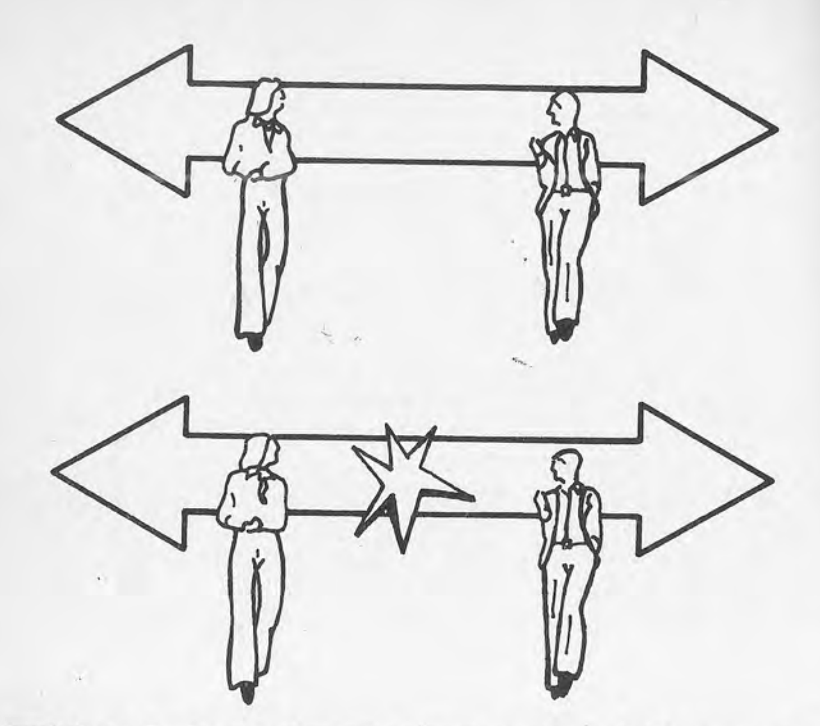


Figura 7.—Las dos estaciones escuchan antes de hablar para evitar colisiones y posteriormente escuchan al mismo tiempo que hablan para detectar colisiones.

detecta que la línea está libre se emite. La colisión ocurre siempre que haya dos o más nodos en espera al final del mensaje que se está transmitiendo en ese momento. La línea puede estar desaprovechada todo el tiempo que dure el mensaje más largo de los que se envían simultáneamente. El rendimiento es sólo del 50%.

- CSMA p.— Persistente. Por medio de cálculos se establece la probabilidad de que un nodo comience a transmitir una vez que la línea está libre. Cálculos matemáticos permiten la optimización en cada caso dependiendo del número de estaciones y el rendimiento puede elevarse por encima del 80%.

Como podemos observar, el método más efectivo es CSMA/CD. Con una elevada velocidad de transmisión y en un canal suficientemente ancho, se puede hablar de que cada nodo tiene prácticamente en todo momento el acceso a la red.

CAPITULO V

NIVEL FISICO



Siguiendo con el modelo OSI de redes locales llegamos al nivel más cercano al medio físico. Este capítulo sólo pretende describir los dos subniveles en que se divide.

En el capítulo 3 se describieron muchos fenómenos y técnicas del nivel físico que por su extensión y por centrar el tema se colocaron en las técnicas de transmisión digital.

El nivel físico es el más cercano al medio físico y por tanto debe tener especificadas las características eléctricas y mecánicas de la conexión con el medio. Las funciones del medio físico son dos fundamentalmente:

— Definición clara y precisa de la unidad de información. Elección del formato, tipo de codificación, tensión de los niveles eléctricos a enviar a la línea y duración de los impulsos eléctricos.

— Envío y reconocimiento de ciertos mensajes de control que son codificados de forma diferente a los 0 y 1 de los mensajes. Estos caracteres de control suelen ser utilizados por el nivel de enlace.

El nivel físico puede descomponerse en dos partes de forma parecida a como hacíamos en el nivel de enlace (Fig. 1): la primera parte se encarga de la codificación y decodificación de la información y de las señales de control; la segunda parte está muy cercana al medio físico y constituye la adaptación a éste.

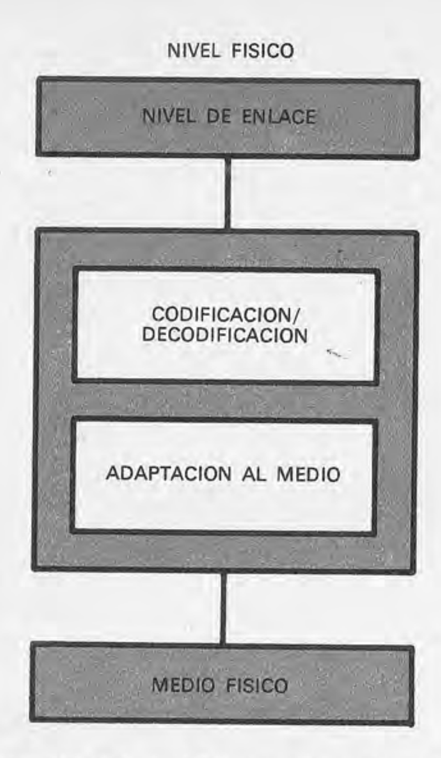


Figura 1.—División del nivel físico en dos subniveles.

Codificación-Decodificación

Como ya hemos dicho, las misiones de esta parte del nivel físico son la codificación y decodificación de los mensajes así como de los caracteres de control. La codificación consiste en trasladar los unos y ceros a señales eléctricas. El nivel más sencillo de codificación consiste en asignar un nivel de voltaje a cada bit (+V para el "1" y +0 para el "0") que se denomina unipolar. La elección de un sistema de codificación u otro siempre va en consonancia de lo que queramos hacer y dónde.

Si se han inventado otras formas de codificación es porque en principio el sistema unipolar no cumplía requisitos que en la transmisión de información se requieren. Eligiendo determinados sistemas de codificación podemos conseguir, por ejemplo, extraer de la propia señal información de la temporización, con lo que podemos recomponer la señal de reloj del transmisor. También podemos conseguir unas características espectrales determinadas; por ejemplo, ausencia de componente continua o contenido despreciable en bajas frecuencias.

Una variante de la codificación unipolar consiste en asignar a los bits "1" y "0" iguales amplitudes, pero de signo opuesto: se obtiene así la codificación polar. Estos dos tipos de señales se denominan de no vuelta a cero (NRZ) y tienen el grave problema de si tenemos muchos bits iguales seguidos no hay cambio de señal, con lo cual se puede perder el sincronismo. Para evitar este problema se hace volver al nivel cero a la señal a la mitad del intervalo.

También podemos poner polaridad alternativa en los bits "1" y poner en nivel cero el cero de señal. Este código es el AMI o bipolar.

También podemos asociar al "1" un cambio y al "0" manteniendo el estado anterior, esto es, codificar por transiciones NRZ. En este tipo de señales se puede alterar la polaridad de la señal sin cambiar por ello su significado.

Existen un sinfín de modalidades de codificación, incluso distintas variantes dentro de un mismo tipo: nos podríamos encontrar también que una codificación responde igualmente a dos nombres. Ya vimos ejemplos diversos en el capítulo 3. En la figura 2 podemos observar distintas señales y el nombre que les corresponde. Con los conocimientos anteriores pueden intentar descifrar la norma de generación.

En las redes locales suele utilizarse la última codificación de la figura (la Manchester diferencial) debido a que el nivel de continua es cero, ya que cambia de polaridad a la mitad de cada bit y por otro lado, a que de ella se puede sacar el reloj. Se usa por ejemplo en la red Ethernet. El bit "0" obliga a un cambio de polaridad en el inicio del símbolo, mientras que el "1" no cambia el inicio.

A veces, dentro de las señales de Manchester diferencial se producen violaciones de códigos; estos códigos extraños introducidos denominados "J" y "K" son utilizados como indicadores del inicio o del fin del mensaje (Fig. 3).

Una vez que la información está codificada se manda al medio. Este proceso puede hacerse directamente (Banda Base) o modulando en amplitud (AM) en frecuencia (FM) o en fase (PSK), entonces se denomina Banda Ancha. Cuando se utiliza la Banda Base se reparte el tiempo de utilización del canal, multiplex por división de tiempo (MDT) o se utilizan técnicas especiales, mientras que en Banda Ancha se divide el espectro en bandas de frecuencia y en cada banda puede viajar un mensaje codificado.

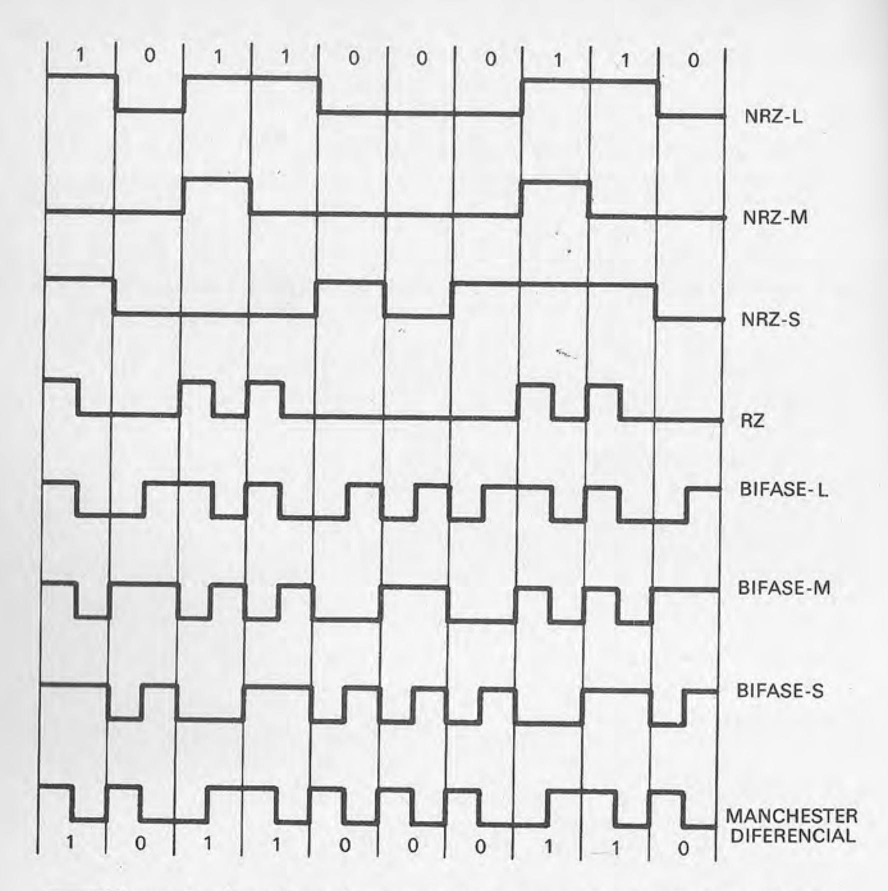


Figura 2.—Codificación de un mismo mensaje con diversos sistemas (NRZ-L, NRZ-M, NRZ-S, RZ, BIFASE-L, BIFASE-M, BIFASE-S, MANCHESTER DIFERENCIAL).

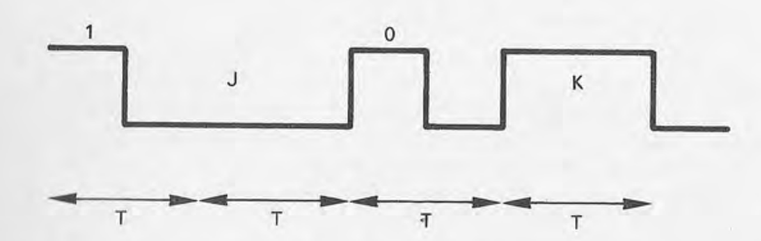


Figura 3.—Las violaciones de código en Manchester diferencial sirven para el control del inicio o fin del mensaje.

Adaptación al medio

La parte más cercana al medio físico dentro del nivel 1 (nivel físico) es la adaptación al medio. El subnivel de adaptación al medio es el encargado de detectar la situación del medio en cada momento, incluidas las colisiones que puedan ocurrir. El subnivel de adaptación al medio puede encontrarse bien recibiendo datos o bien transmitiéndolos.

Si está recibiendo puede esperar la llegada de un mensaje de otro usuario o un símbolo de control y deberá saber reconocerlos y diferenciarlos. También puede ocurrir que detecte una colisión entre varios mensajes; deberá proceder si algún mensaje era suyo. Caso de no darse ninguna de las circunstancias anteriores quiere decir que el medio físico está en reposo, es decir, que no tiene tráfico.

Si está transmitiendo, lo que hace es transferir al medio el mensaje codificado vía MDT, MDF u otro especial, o bien caracteres de control, y al mismo tiempo puede estar escuchando por si recibe una colisión a su mensaje.

Cuando el subnivel de adaptación al medio interroga al medio físico sobre su situación la respuesta puede ser:

— Libre. Nadie lo está utilizando, por lo tanto puede ser aprovechado.
— Ocupado. Alguien está utilizando el medio para la transmisión de datos.
— Ocupado con violación de codificación. Corresponde a colisiones entre mensajes de distintos nodos o bien puede ser signo de control (recordemos las violaciones de código "J" y "K").

Si se ha utilizado código Manchester diferencial es fácil descubrir si la violación de código se produce por los caracteres de control o por una colisión, ya que son fácilmente identificables.

Banda base

En banda base lo que se hace es enviar el mensaje a la línea una vez codificado. Puede, no obstante, utilizarse la multiplexación por división de tiempo, asignando rebanadas de tiempo a cada usuario.

Puede ir combinada con métodos de detección de colisión en el nivel de enlace. Podemos decir que es no determinístico, puesto que a priori no podemos predecir si la línea estará o no ocupada.

La instalación suele ser fácil y utiliza cable coaxial o par trenzado (retorcido) como medio físico de transmisión. El número de nodos está determinado y limitado por el ancho de banda del canal. La distancia que se puede alcanzar es de varios Km. Podemos citar algunos ejemplos de R.L. en Banda Base: Ethernet inicialmente fabricada por Xerox y posteriormente por Intel y DEC; Hyperbus, suministrada por Network Systems; Z-net, de Zilog; Omninet, de Zilog.

Banda ancha

Se utiliza la multiplexión en frecuencia para enviar diferentes mensajes al mismo tiempo. Los mensajes van modulados en amplitud, en frecuencia o en fase.

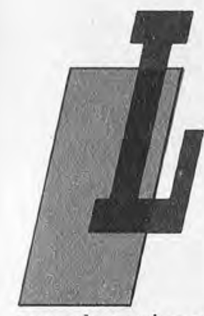
La capacidad de transmisión puede estar en torno a los 150 Mb/seg. Permite la dedicación de algunos canales para funciones específicas, incluso simular un sistema banda base.

Es más costoso en sus materiales que el banda base, pero permite una mayor distancia que éste. El número de nodos está determinado por el ancho de banda.

Como ejemplos podemos citar: Wang-net, de Wang Computers; Sytec localnet, de Sytec; Interactive Systems, de 3M; Genet, de General Electric.

CAPITULO VI

MEDIOS FISICOS DE TRANSMISION



Los medios físicos de transmisión son los encargados de transportar nuestros mensajes de un sitio a otro, son el soporte material de la información. Los primeros medios físicos se desarrollaron en el seno de la telefonía, pero poco a poco los avances en telecomunicaciones han ido exigiendo cada vez más a los medios de transmisión. Dado que las redes locales lo que hacen es transmitir datos, parece lógico que se usen los mismos medios que en comunicaciones.

En este capítulo hablaremos solamente de los medios ligados: cables de cobre, coaxiales y fibras ópticas. El tratamiento dado es francamente desigual: unas leves ideas de los dos primeros y más profundidad en el último. Se ha hecho así a conciencia, dado que el campo de las fibras ópticas es el más reciente, prometedor, y esperamos sea el que resulte más interesante al lector.

No se ha tratado nada acerca de los medios no ligados: transmisiones de radio, microondas e infrarrojos en el espacio, por ser de muy poca difusión en ámbito de las redes locales.

Las últimas investigaciones en las técnicas de comunicaciones parecen ir destinadas a conseguir circuitos que manejen directamente la luz sin tener que convertirla en señales electrónicas. Parece que pronto tendremos el transistor, puertas lógicas y, en fin, todos los circuitos que utilizamos ahora para las señales eléctricas con su equivalente en dispositivos de luz. Aparecerán otros propios y desaparecerán muchos (quizá tengamos microprocesadores ópticos). El hecho de que existan discos ópticos, fibras ópticas, generadores de láser... indica que el camino a seguir será el de la luz. Este hecho justifica que el tratamiento dado a las fibras ópticas sea superior al dado al hilo de cobre o al coaxial.

Pares trenzados

El par fue el primer medio físico que se utilizó en las transmisiones telefónicas; consta de dos hilos de cobre recubierto cada uno de ellos con aislante. EL par se trenza para reducir las interferencias, que son bastante importantes si hay varios pares juntos.

Desde luego, las prestaciones de este tipo de medio físico no son las mejores para la transmisión, però pensemos que se idearon para transmitir frecuencias vocales (0-4 Khz) y cumplían perfectamente la misión; además, su precio no es elevado debido a la gran sencillez de construcción.

Utilizándolos para transmisión de datos podemos hablar de una velocidad típica de 2.4 Kbit/segundo para las líneas conmutadas.

El par trenzado se utiliza como mucho en la conexión de algunos equipos de transmisión de datos de baja velocidad, por ejemplo, terminales que trabajen entre 300 y 9.600 bit por segundo.

El par emite y absorbe una gran cantidad de interferencias eléctricas, lo que provoca elevadas tasas de error, por lo que en verdad no son muy fiables. La impedancia característica de la línea depende de cada caso y por tanto es muy difícil de determinar, lo cual es otro punto negativo a tener en cuenta. No obstante, y a pesar de todo, existen redes locales que utilizan el par trenzado: Zero-Net (800 Kbps), Altos-Net (800 kbps), Omninet (1 Mbps), Compustar (1 Mbps), etc.

Una variación del par trenzado, ideado para las redes locales es el cable de pares torcidos: lleva varios pares en su interior y un doble apantallamiento para evitar interferencias.

IBM utiliza en la red local de tipo anillo con pase de señal para el PC cables de pares torcidos. Tiene disponibles cuatro tipos de estos cables: para interiores, ignífugo, de exteriores y para conexiones (Fig. 1). El hecho de que IBM lo utilice implica que para ciertas aplicaciones seguirá utilizándose mientras no ponga en el mercado otro que lo reemplace.

Cable coaxial

Los cables coaxiales aparecen en las comunicaciones debido a las pérdidas que presentan los hilos de cobre en cuanto empezamos a aumentar la frecuencia. Los hilos de cobre solamente se pueden usar hasta 300 Khz en sistemas analógicos y hasta unos 4 Mhz en sistemas digitales.

Los cables coaxiales constan fundamentalmente de un hilo central de cobre (a veces es de aluminio), un dieléctrico en forma de cilindro hueco (a veces anillos) y una malla exterior de cobre

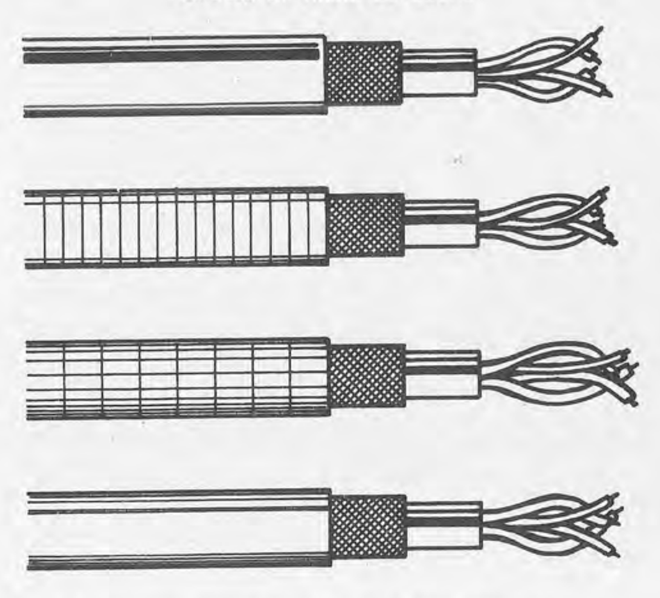


Figura 1.—Interior, ignífugo, exterior y de conexiones.

(incluso puede ser un tubo de cobre protegido con bandas de acero) (Fig. 2).

Aparte puede tener envolturas de diversos materiales para conferir propiedades mecánicas y aislamiento frente a agentes del exterior.

La malla de cobre es fundamental, puesto que actúa como pantalla e impide que señales externas al cable le afecten.

Podemos encontrar diferentes disposiciones de los dieléctricos, algunas de las cuales están en la figura 3. El dieléctrico más idóneo sería el propio aire (o el vacío), pero debido a que hay que mantener concéntricos el hilo central y la malla exterior hay que poner algún material que mantenga la distancia entre ambos; el más utilizado es el polietileno, dado que conjuga bastante bien las propiedades eléctricas con su peso. El dieléctrico es también muy importante en los cables coaxiales; pensemos que un parámetro de gran interés en los cables es la impedancia característica (impedancia a frecuencia infinita, es importante a la hora de enfrentar un generador de señal con el cable) y sólo depende de la relación de los diámetros de los conductores y del medio dieléctrico.

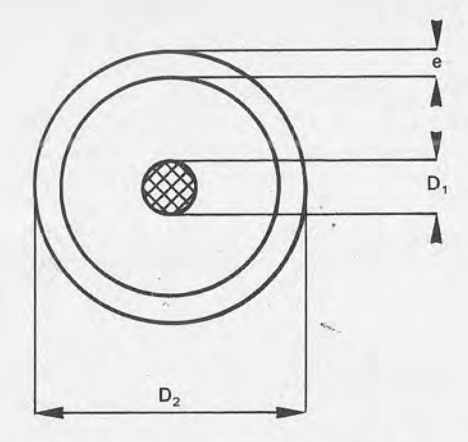


Figura 2.—Geometría de un cable coaxial en sección.

Sin entrar en detalles de cálculo farragosos hay que mencionar las pérdidas por atenuación. Existe una relación de diámetros entre el exterior y el interior que determinan la mejor geometría para minimizar estas pérdidas; por tanto, es la relación entre diámetros quien determina la atenuación. No interviene, pues, la frecuencia a la que trabajemos (respuesta plana en frecuencias) del diámetro o espesor del tubo exterior, ni tampoco depende de si el conductor central es macizo o tubular. La atenuación goza de una cierta independencia respecto a muchos parámetros, lo cual viene muy bien a la hora de la construcción y utilización en determinada gama de frecuencias.

En cuanto a distorsión podemos decir que sólo es apreciable en las bajas frecuencias (del orden de 1 Mhz), que es donde menos se utilizan; por eso en las señales de TV el vídeo se pone por encima de esa frecuencia. Hablando de señales digitales, la distorsión se traduce como diferencia de velocidades entre paquetes, pero en frecuencias superiores a 1 Mhz no tienen importancia.

El cable coaxial se empezó a utilizar en telefonía a fin de poder transmitir muchas llamadas por un mismo cable. El hilo de cobre hemos visto que sólo puede soportar una pequeña gama de frecuencias, y, por tanto, un reducido número de canales. También se utiliza para las señales de TV, lo que le ha hecho inmensamente popular y barato. En USA es muy utilizado debido a que ciertos canales privados de TV distribuyen por cable las señales hasta el usuario final. Recordemos que en España, hasta el momento, se distribuye mediante radiación de ondas que recogemos en la antena y que luego distribuimos con coaxial hasta los receptores.

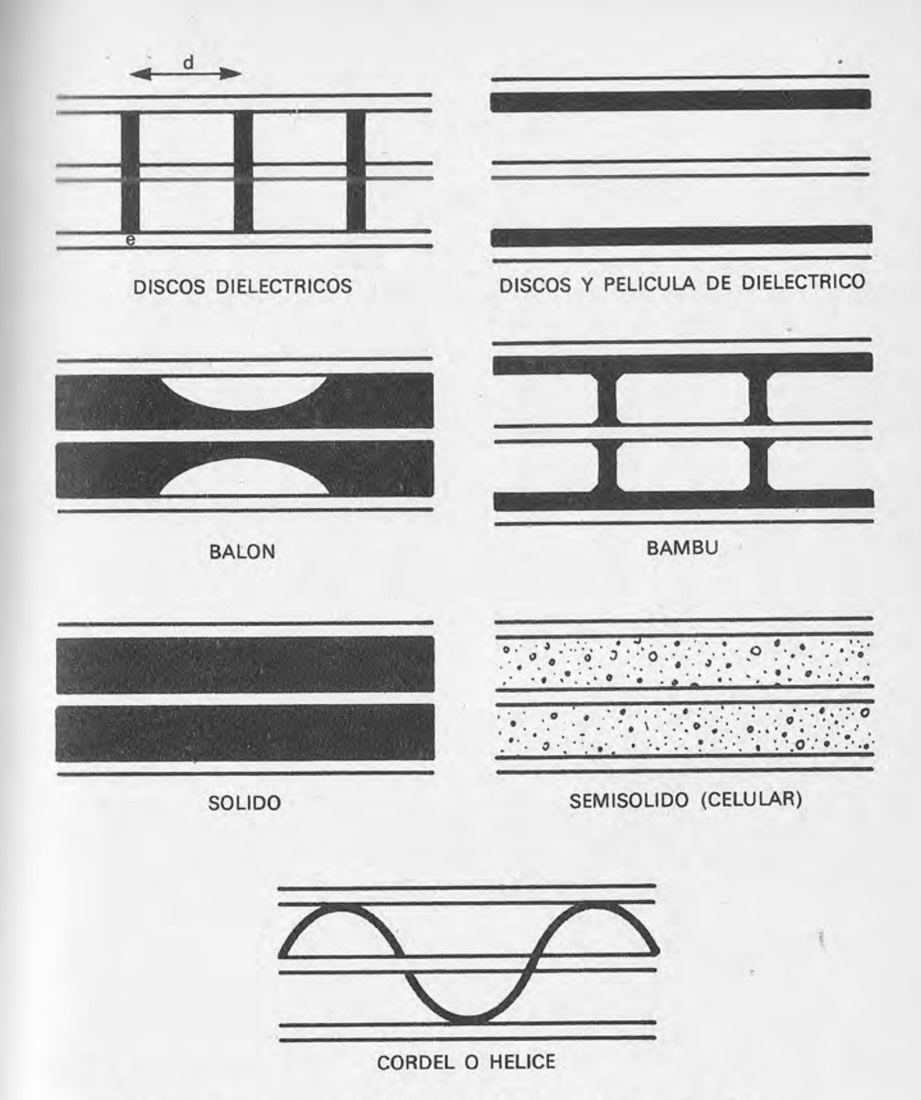


Figura 3.—Geometría de un coaxial en corte longitudinal.

El uso masivo del coaxial en telefonía y en TV ha hecho que su técnica esté muy dominada y que existan una gran variedad de tomas, controles, divisores, acopladores, repetidores... que permiten conectar y transmitir la información sin problemas.

En la actualidad el CCITT tiene normalizados varios tipos de

cables coaxiales para comunicaciones según vaya a ser su aplicación, pero a nosotros, en cuanto al uso para redes locales, solamente nos interesan dos tipos:

— Cable coaxial de 50 Ohmios. Suele conocérsele con el nombre de cable amarillo y es, por ejemplo, el que se utiliza en la red Ethernet. Es una versión mejorada del antiguo RG8 que se utiliza en radio, pero con varias mallas concéntricas para aumentar el aislamiento; también se le ha añadido recubrimiento ignífugo. Los accesorios y circuitos son complejos y, por tanto, algo caros, pero la transmisión digital es buena, del orden de 10 Mbps en la red Ethernet.
— Cable de televisión de 75 ohmios (CATV). Es el utilizado en las antenas colectivas y es mucho más económico que el anterior; no puede cubrir distancias tan grandes. El ancho de banda típico es de 300 Mhz.

El problema de la comunicación empleando la luz

Durante muchos años el hombre transmitió sus mensajes por medio de la luz. Todos recordamos las señales que se hacían mediante espejos para comunicarse entre dos puntos. Si bien este método es básicamente mejor que las señales de humo, aún dejaba mucho que desear: no se podían enviar los mensajes demasiado lejos debido a la curvatura de la tierra y a las pérdidas en el aire y, además, el proceso de comunicación era lento. Lo limitado del procedimiento hizo pensar en otros sistemas mejores, así aparecen las comunicaciones por cable y por radio. A pesar de todo, la comunicación gracias a la luz reflejada por medio de espejos siguió utilizándose, por ejemplo, entre los barcos, por ser silenciosa, ya que difícilmente puede detectarse si no se está frente al foco emisor. Justo lo contrario que las tradicionales ondas de radio, que se emiten por igual en todas direcciones.

La ciencia pudo analizar la luz y estudiar las leyes que la naturaleza le confirió. Pronto renacieron las esperanzas, aunque sólo en teoría, de establecer la comunicación a través de la luz. Para entender un poco la magnitud del problema fijémonos en el haz de luz que emite una linterna. Si tratamos de iluminar un objeto cercano no tendremos ningún problema, pero si la distancia aumenta o si hay niebla o humo la cosa se complica enormemente. Lo que está ocurriendo en realidad es que el fino haz que sale de la linterna se va agrandando con la distancia formando una especie de cono y al cabo de unos cuantos metros la apertura es tal que la cantidad de luz por metro cuadrado es insuficiente para

nuestros ojos. De otro lado, el aire, con sus partículas en suspensión, desvía el haz de luz haciéndole perder potencia; si hay niebla el efecto es mayor al haber muchas partículas de agua en la atmósfera.

Dos problemas son los que impiden que nuestra linterna llegue más lejos: uno inherente a la luz (que se nos abre el haz), otro debido al medio en el que la luz viaja. La luz que nosotros vemos es, en realidad, un conjunto de ondas de distintas frecuencias que empiezan a moverse en momentos y sitios diferentes; este hecho es el culpable de que el haz de luz se abra. Hay otro problema mayor aún y es que una luz de estas características no se puede modular, esto es, hacer que dentro de ella viaje una información, como ocurre en las ondas de radio.

La ciencia supo localizar el foco de problemas y ofreció ecuaciones matemáticas como solución, pero esto iba por delante de la técnica y hasta hace poco tiempo el problema no se podía solucionar en la práctica.

La solución que dieron los científicos era muy sencilla: "hay que emitir con un haz de luz monocroma y coherente", lo que ya no resultó tan sencillo fue construir un aparato capaz de emitir tal haz, que es lo que vulgarmente se conoce como rayo láser.

El rayo láser apareció y con él un sinfín de utilizaciones para la industria, la medicina, etc... Pero no podía utilizarse aún para las comunicaciones: bien es verdad que el haz ya no se abría, pero el otro problema persistía, el aire absorbía gran parte del haz y llegaba tan débil que no merecía la pena utilizarlo para comunicaciones.

Entonces se pensó en utilizar un medio que transportase la luz. Evidentemente, el hilo de cobre que transporta la corriente eléctrica no era el medio más apropiado, y así aparecen las fibras ópticas. Hace sólo veinte años era una quimera el uso de fibras ópticas para comunicaciones; hoy día el uso está aún restringido pero al menos es técnicamente posible.

La fibra óptica es un delgado filamento de un material que permite el paso de la luz por su interior, recubierto de materiales que lo aíslan y protegen del exterior.

Las primeras fibras ópticas tenían unas pérdidas de atenuación altas (pérdidas en el medio de transmisión, como ocurría en el aire), tanto que su uso no estaba justificado frente a los cables coaxiales. Eran, además, excesivamente caras, aunque eso siempre ocurre con los nuevos materiales, y aumentando la producción se soslaya. No acababan ahí los problemas: habría que acoplar el generador de láser a la fibra y en los procesos de acoplo siempre hay pérdidas (denominados de inserción). Además, la tecnología láser es complicada; un generador de corriente lo encontramos en cualquier sitio, pero un generador de láser ya no es

tan frecuente, aunque ya se pueden adquirir comercialmente algunos.

Las fibras ópticas son extremadamente delgadas, como un cabello, lo cual nos da idea de su gran fragilidad; conseguir que no se rompan no es tarea fácil y cablear una oficina con semejantes hilos resulta prácticamente imposible. Otro problema se nos presenta a la hora de empalmar dos fibras; esto no es como la corriente eléctrica, aquí no vale el retorcer dos extremos del cobre para efectuar el empalme. Hay que enfrentar perfectamente los dos extremos y luego, de alguna forma, pegarlos.

Situación actual de las fibras ópticas

Las fibras ópticas comerciales, si bien lejos aún de las prestaciones teóricas o de las que se consiguen en laboratorio, son ya aceptables. Una fibra, con sus protecciones y cubiertas, tiene sólo algo más de 2,5 milímetros de diámetro: en tan reducido elemento podemos enviar muchos más datos que en un cable coaxial convencional (como el de TV), digamos del orden de 200 megahertzios de ancho de banda (Fig. 4).

Las pérdidas de inserción y de atenuación son realmente bajas: ya se pueden usar como emisores de luz diodos LED de 250

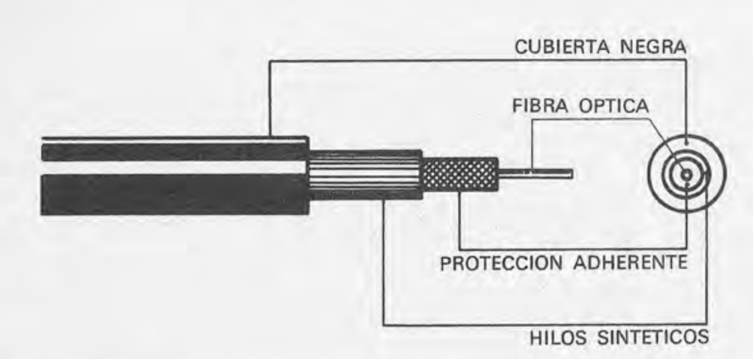


Figura 4.—Características de una fibra óptica *OPSYCA-ST*

Diámetro	*2.5 mm.*
Peso	*7Kg/Km.*
Radio de curvatura mínimo	*30 mm.*
Resistencia a la tracción	*20 Kg.*
Resistencia a la compresión	*40 Kg/cm.*
Resistencia a la percusión	*0.4 Kg/m.*
Temperatura de empleo	*-20 a + 60*
Longitud de las piezas	*250 y 500 m.*

microwatios de potencia lumínica (bastante menos que la luz de la linterna que poníamos en el ejemplo). Esto nos da una idea de que las fibras son ya una realidad y que se pueden usar en comunicaciones de datos. A este fin van apareciendo en el mercado un sinfín de aparatos como modems, multiplexores, acopladores..., los mismos que hace unos años aparecieron para los cables coaxiales y todos ellos encaminados fundamentalmente a la transmisión de datos.

Esta incipiente implantación en la industria ha permitido que también se instalen en las R.L. Quizás sea un punto en el que las fibras empiecen a demostrar de todo lo que son capaces. Las R.L., según ya hemos visto, tienen que mover muchos datos a elevada velocidad en entornos no muy lejanos. Con la fibra estamos hablando de velocidades de 100 Gigabits por segundo sobre una distancia de 100 kilómetros (en un futuro no lejano, ya que ahora es algo inferior).

Aparte de las cualidades ya aducidas de poco grosor y peso (del orden de 7 kilos por kilómetro) y de grandes cantidades de datos podemos hablar de otras características que, en una primera ojeada pueden pasarse, pero que también son importantes:

- inmunidad a las interferencias electromagnéticas tanto de fuera a dentro como al revés; esto es realmente importante, ya que asegura la comunicación siempre que no haya averías. Pensemos que la luz va encerrada en la guía y no puede salir al exterior, ni la luz del exterior puede entrar dentro; cualquier tipo de perturbación eléctrica, magnética o electromagnética que provenga del exterior afectará antes a los ordenadores que a la información de la fibra óptica;
- aislamiento perfecto entre emisor y receptor. No existen ni malas masas ni tensiones flotantes, ni niveles de tensión. Una vez efectuada la instalación ya no hay problemas de conexión.

A nivel de R.L., parece que las fibras ópticas son un buen soporte para las de topología de anillo, no mostrándose tan eficaces en redes multipunto como bus debido a que el elevado número de etapas hace que las pérdidas de inserción empiecen a ser importantes.

El láser

Un rayo láser es un haz de luz muy especial, algunas de cuyas propiedades ya las hemos mencionado anteriormente. La luz es emitida por un generador de ondas como los de radio, pero tra-

bajando en frecuencias ópticas y obteniendo su energía estimulando ordenadamente la emisión de energía acumulada en el propio átomo. El nombre de LASER viene de «Ligth Amplification by Stimulated Emission of Radiation».

Actualmente existen varios tipos de generadores de láser: cristal, gas, líquido y semiconductor. Se usa uno u otro dependiendo de la aplicación concreta que se le vaya a dar; así, en el caso de las comunicaciones se utilizan generadores de semiconductores o de gas.

Lo importante de la luz del rayo láser es, como ya hemos dicho, que se trata de una luz monocroma y coherente, es decir, que se emite luz de una sola frecuencia y, a demás, las ondas están en fase (digamos que se mueven juntas, van al mismo ritmo). Esto permite, de un lado, que se pueda modular, es decir, que la información que queremos enviar se puede montar en la luz y viajar con ella, y, de otro lado, que la energía se concentre en un haz estrecho y se desvíe poco, con lo cual podemos efectuar transferencias de energía a gran distancia.

Aunque no sea éste un estudio monográfico acerca del láser, su uso combinado con las fibras justifica su descripción; por otro lado, esto nos permitirá mostrar de paso algún que otro concepto nuevo.

La forma en que se produce la emisión de luz empieza dentro del mismo átomo; los electrones se encuentran normalmente dando vueltas alrededor del núcleo en órbitas, pero si de alguna forma les comunicamos más energía entonces saltan a órbitas exteriores: esto se llama «bombeo». Los electrones así excitados tienden de forma natural a volver a sus órbitas primitivas cediendo en la vuelta la energía que se le había comunicado previamente. Esta disipación de energía se produce emitiendo fotones, es decir, luz cuya frecuencia está determinada por las leyes de Plank.

Si la vuelta de los electrones a sus órbitas primitivas se efectúa de forma alocada y sin control, la luz emitida es incoherente, como la de los tubos de neón normales. Ahora bien, si somos capaces de controlar esta descarga mediante un bombeo adecuado lo que ocurrirá será bien distinto: tendremos una luz coherente y en una estrecha gama de frecuencias (luz de un solo color).

El mecanismo así iniciado tiene un proceso de realimentación y amplificación propias, ya que la luz emitida choca con otros átomos excitados que también emiten fotones en fase con los anteriores, con lo que el proceso va aumentando de volumen.

Un sistema de espejos (uno de ellos semitransparente) confina el rayo que empieza a rebotar de una cara a la otra hasta que por fin cruza el espejo semitransparente y sale al exterior (Fig. 5). El rayo láser así generado, dadas las propiedades mencionadas, podemos utilizarlo para las comunicaciones.

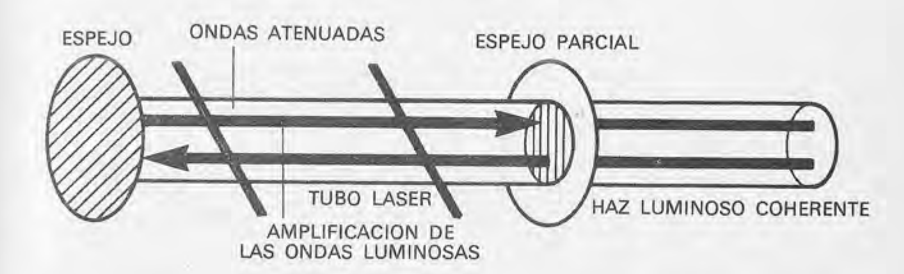


Figura 5.—Una vez comenzado y mantenido el bombeo la luz empieza a rebotar de un espejo a otro hasta que tiene energía suficiente para atravesar el espejo semitransparente.

Inicialmente podríamos pensar en utilizarlo directamente en la atmósfera, pero ya hemos apuntado que las pérdidas que se producen son tan grandes que se desaconseja su uso. Para hacernos una idea, el enlace entre la tierra y un satélite en órbita requeriría una potencia del orden de varios Kw. En este tipo de enlaces las técnicas tradicionales de microondas no han sido sustituidas por el láser.

Ahora bien, si canalizamos el láser a través de un conducto capaz de transportar la luz con pocas pérdidas (Fig. 6) entonces sí es interesante. Esto es lo que hacen las fibras ópticas.

En la figura 7 podemos ver un esquema de las distintas potencias de emisión de diferentes rayos láser, mientras que en la figura 8 se observan algunas de las propiedades más importantes.

Veamos ahora un simple ejemplo de cómo se puede modular un rayo láser (del tipo de gas), que es lo que le confiere la propiedad de transmitir información. Fijémonos en la figura 9: la luz pasa por un polarizador (cristal o semejante que permite el paso de la luz en unas direcciones privilegiadas) que bloquea todos



Figura 6.—Descripción de la estructura física de la fibra óptica.

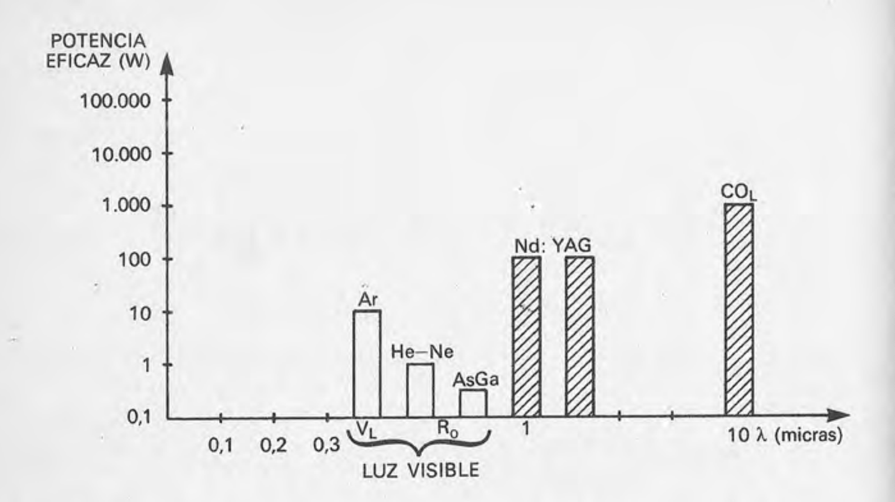


Figura 7.—En el diagrama se muestra la potencia que dan los láseres actuales. En abcisas se muestra la longitud de onda expresada en micras. El láser de Ar da una luz azul verde, el de He-Ne da luz roja, el de CO2 y el de Nd:Yag operan en la banda del infrarrojo y dan una gran potencia.

CLASE	TIPO	POTENCIA (W)	LONGITUD DE ONDA (Micras)
GAS	ARGON (Ar)	10	0,49; 0,52
GAS	HELIO-NEON (He-Ne)	1	0,63: 1,15; 3,39
GAS	DIOXIDO DE CARBONO (CO_2)	200	10,6
SEMICONDUCTOR	ARSENIURO DE GALIO (GaAs)	0,04	0,91
PARAMETRICO	BANANA ($Ba_2Na\ Nb_5O_{15}$)	0,1	0,8; 1,2
ESTADO SOLIDO ION	NEODYMIO, YTRIOALUMINIO (Nd:YAG)	150	1,06; 1,30

Figura 8.—Tipos de láseres utilizados en comunicaciones.

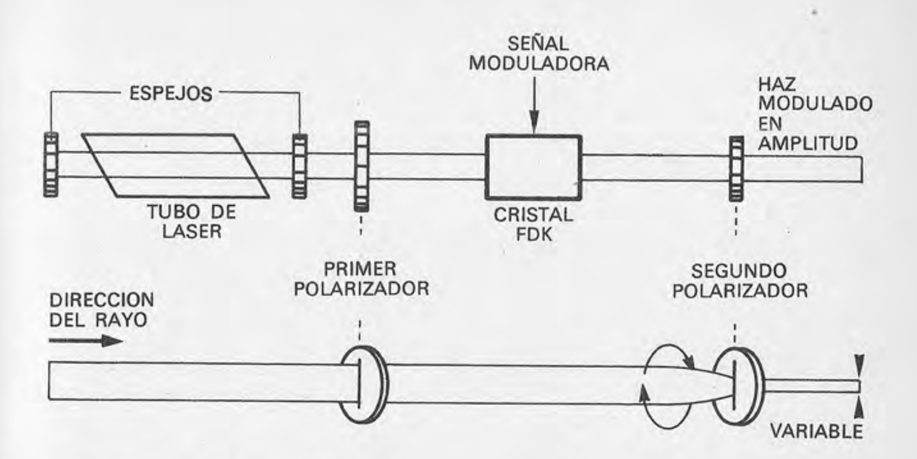


Figura 9.—En esta figura vemos cómo es posible modular un haz de láser en amplitud. También se puede modular en frecuencia y en fase.

los rayos excepto un fino hilo vertical; a continuación se "retuerce" la luz mediante un cristal especial (fosfato diácido de potasio) que hace girar a la luz más o menos dependiendo del campo eléctrico a que esté sometido el cristal. Si obligamos a la luz a atravesar otro polarizador más vemos que la anchura final del haz dependerá de la señal moduladora (del campo eléctrico que actúa sobre el cristal especial), con lo cual hemos conseguido nuestro objetivo de modular la luz: es una modulación en amplitud.

En los láser de arseniuro de galio es, si cabe, más sencillo, ya que la modulación se puede controlar mediante la corriente de bombeo, pero la potencia que dan es menor que los de gas.

Actualmente la luz del láser se modula en amplitud, como ya hemos visto, pero también en frecuencia y en fase.

La demodulación es el proceso inverso, esto es, extraer la información de la luz. El mecanismo que se utiliza en la demodulación se basa en la propiedad de emitir electrones de ciertos materiales cuando la luz incide sobre ellos.

Los dispositivos que se usan en estos menesteres son los fotomultiplicadores, los fototubos de microondas y los detectores de estado sólido de alta velocidad. Las figuras 10 y 11 muestran dos formas diferentes de demodulación de láser utilizadas en comunicaciones. La demodulación, como puede suponerse, consigue convertir en señal eléctrica nuestro mensaje, que hasta ese momento había viajado formando parte de la luz.

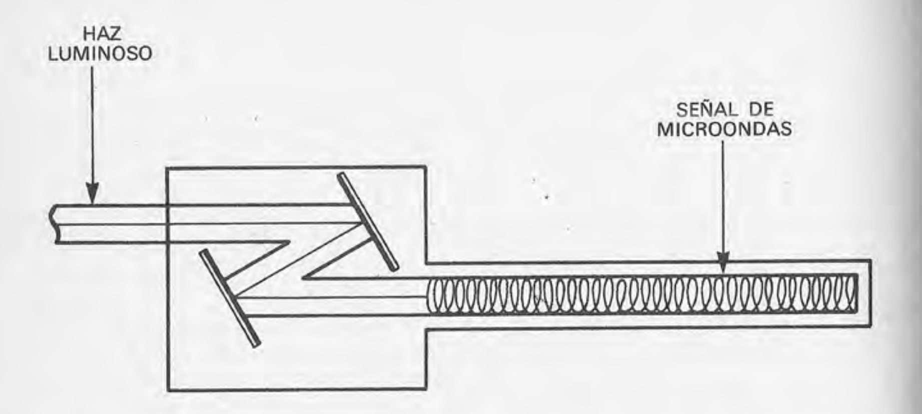


Figura 10.—El fototubo de microondas tiene una salida helicoidal y es apropiado para las frecuencias elevadas de microondas. Como las frecuencias lumínicas caen fuera del rango del fototubo, la señal de salida es solamente la modulación que traía el láser.

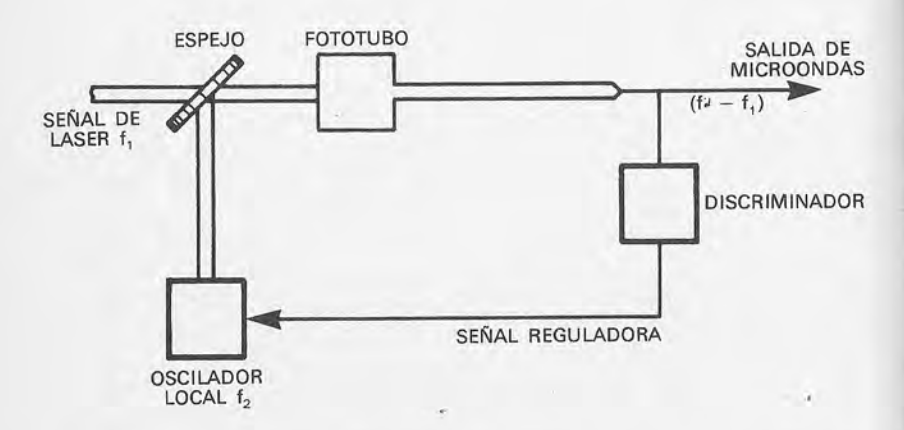


Figura 11.—La demodulación puede efectuarse por medio de un fotomultiplicador, reinyectando parte de la salida otra vez en la entrada (método de heterodinación utilizado en la detección de ondas de radio).

Transmisión mediante las fibras ópticas

Las fibras ópticas están construidas mediante materiales transparentes (vidrio y similares), constan de un cilindro central (núcleo) transparente rodeado en forma coaxial por otro cilindro exterior (cubierta) transparente también, pero de otro índice de refracción. El conjunto está rodeado por una cubierta opaca negra y que evita fugas de luz al exterior.

Una fibra óptica así es capaz de transmitir la luz siempre que el índice de refracción del núcleo sea ligeramente superior al de la cubierta. Precisamente esta diferencia que tiene que existir entre los índices de refracción del núcleo y la cubierta es la que nos va a servir para establecer una clasificación entre las fibras:

- Fibras ópticas en las que el índice de refracción cambia de forma brusca, denominadas fibras de índice discontinuo.
- Fibras ópticas en las cuales el índice de refracción cambia gradualmente del núcelo a la cubierta, o fibras de índice gradual.

Dentro de las fibras de índice discontinuo podemos encontrar dos tipos: las fibras monomodo y las multimodo. En la figura 12 se puede observar algo acerca de la geometría de cada uno de los tipos de fibras. Las fibras monomodo tienen un núcleo extremadamente fino, de tan sólo unas micras, en tanto que en las multimodo llega a las cien micras. No obstante, el grosor total de ambas es semejante (en torno a las doscientas micras), ya que el espesor de la cubierta está directamente relacionado con los métodos de fabricación y no con las propiedades ópticas.

Estas fibras monomodo, al tener un núcelo tan fino, son difíciles de empalmar entre sí y de acoplar al generador de luz. El nombre de monomodo lo recogen de una propiedad característica que tienen: sólo permiten el paso del modo fundamental de las ondas de luz. Se usan, pues, únicamente con luz coherente de rayo láser y bandas de frecuencias muy estrechas (luz monocroma). Las fibras monomodo presentan unas excelentes cualidades ópticas permitiendo un gran ancho de banda y elevada capacidad de transmisión (10 Gbits/seg/Km en transmisión digital).

Las fibras multimodo tienen un núcleo sensiblemente más grueso, lo que permite hacer más fácilmente los empalmes entre fibras y, al mismo tiempo, la inyección de luz. Permite el paso de otros modos de luz además del fundamental (de ahí su nombre), e incluso puede usarse con luz casi coherente (no hace falta que sea exactamente coherente como la luz del láser) proveniente de diodos electroluminiscentes. Por contra, las propiedades ópticas

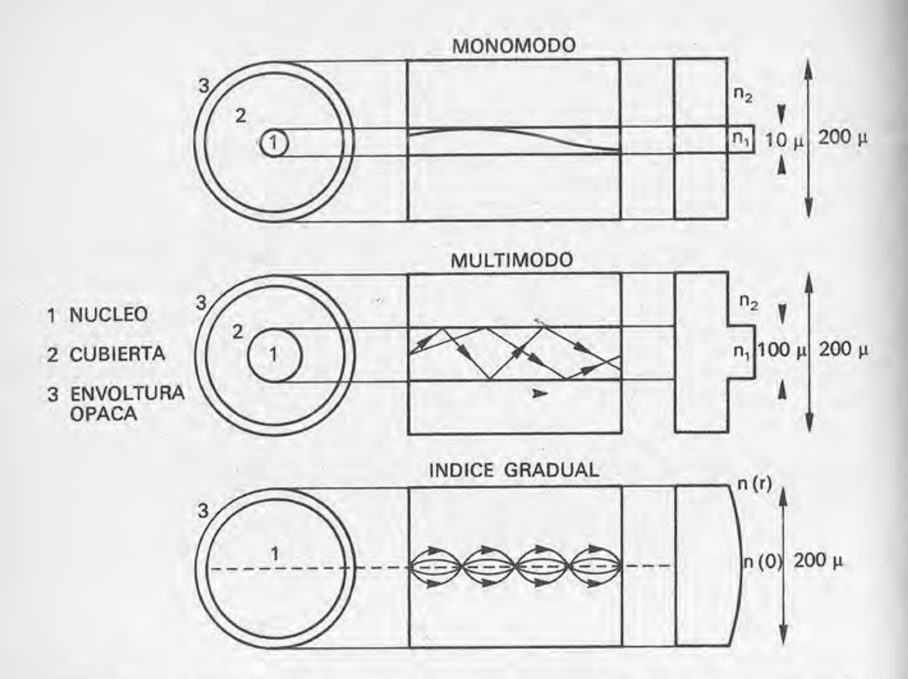


Figura 12.—En la figura podemos observar los distintos tipos de fibras ópticas con una representación de los cambios en los índices de refracción que les confieren las propiedades ópticas.

de transmisión son algo peores: menor ancho de banda y menor capacidad de transmisión (500 Mbits/seg/Km).

Las fibras de índice gradual son denominadas así porque el índice de refracción entre el núcleo y la cubierta va disminuyendo de forma gradual siguiendo una ley exponencial. Sin entrar en los detalles en que interviene la geometría en las características ópticas diremos que las propiedades de estas fibras las sitúan entre las dos anteriores, tanto en ancho de banda como en capacidad de transmisión (2 Gbits/seg/Km).

A pesar de las buenas condiciones ópticas de las fibras tenemos que, decir que como todo medio de transmisión, también tienen ciertas pérdidas y que la disminución de éstas se va consiguiendo a medida que se perfeccionan los métodos de fabricación, que van mejorando día a día.

Parte de la luz es absorbida por la propia fibra debido a ciertas impurezas de iones metálicos (hierro, cobre, cromo...) que contiene y que aunque están en pequeñísimas cantidades (unas pocas partes por millón ya producen pérdidas de 10 dB/Km) perjudican a las cualidades ópticas, ya que absorben energía dentro del espectro visible.

La medida de la atenuación se efectúa comparando la intensidad luminosa que se inyecta en el comienzo de la fibra y la que se recibe al cabo de alguna distancia. Esta atenuación varía con la frecuencia de la luz y se mide en dB/Km (decibelios por kilómetros).

Dentro de las fibras se produce una dispersión de ondas producida por una falta de uniformidad en la unión del núcleo y la cubierta o a pequeñas burbujas en el núcleo. También contribuyen a la dispersión de ondas las variaciones térmicas del índice de refracción que se denomina difusión de Rayleigh. Esta dispersión se traduce en que cada frecuencia tiene una distinta velocidad de transmisión (aunque muy cercanas unas a otras), con lo que ciertas partes de la luz modulada que enviamos pueden sufrir un ligero retraso respecto a otras; si esto es tan importante como para solapar unos impulsos con otros se producen errores irrecuperables en la transmisión. Este efecto sólo debe ser tenido en cuenta en las fibras multimodo, no así en las monomodo.

Fabricación de las fibras ópticas

Si hablamos de la fabricación de fibras con índices de refracción diferentes (monomodo y multimodo) tenemos dos tipos de fabricación diferentes: doble crisol y preforma.

Para el método del doble crisol se utilizan, como el nombre indica, dos crisoles de platino con una disposición concéntrica, uno de ellos para la cubierta y el interior para el núcleo. Ambos crisoles se rellenan con el vidrio que formará después la fibra óptica. Todo el conjunto se halla dentro de un horno, que por calor va fundiendo el vidrio y formando la fibra. Un mecanismo de control se encarga de vigilar las dimensiones, cualidades mecánicas, etc., de la fibra mientras va saliendo.

El método de la preforma es ligeramente diferente: se parte inicialmente de una barra de vidrio que constituirá el núcleo, dentro de un cilindro también de vidrio (pero con distinto índice de refracción) que formará la cubierta. Esta barra así compuesta se hace pasar por un horno donde se estira hasta conseguir las dimensiones adecuadas de la fibra. Este método es más limpio, ya que evita el empleo de crisoles y, por tanto, elimina impurezas en el interior de la fibra.

Para conseguir fibras de índice gradual se emplea otro método llamado de deposición química de vapor. Partiendo de un tubo de vidrio hueco al que se hace girar al mismo tiempo que

se calienta y que se le insuflan gases que contienen dopantes y que se van depositando en la parte interna del tubo. A continuación es introducido en otro horno y al mismo tiempo se estira hasta darle la forma adecuada. En las figuras 13 y 14 se ve el esquema de estos métodos de fabricación de fibras ópticas.

Cables de fibras ópticas

Ya hemos visto cuál es la composición de la fibra y cómo se fabrica; es un hecho claro que la utilización real de las fibras que salen de los procesos de fabricación anteriormente mencionados es imposible. Lo más probable sería que viéramos cómo se rompen las fibras al cogerlas con los dedos, pues son en extremo frágiles.

Hemos visto que las fibras tienen un núcleo y una cubierta; alrededor de ambos se coloca una envoltura opaca que impide que la luz salga de sus confines. Pues bien, en las fibras comerciales lo que encontramos en realidad es la fibra rodeada de unos elementos de refuerzo que hacen aumentar su resistencia mecánica de forma que el manejo normal no las haga quebrarse. Pensemos por un momento que un cable de cobre es muy dúctil y maleable: podemos estirarlo fácilmente sin que se rompa, soporta un alargamiento, digamos del 20% antes de romperse; una fibra óptica no soportaría más del 0,1 %.

Dada la extremada delgadez de las fibras podemos hacer cables que contengan varias al mismo tiempo sin que por ello aumente excesivamente el tamaño; es pues también normal encontrar cables que contengan varias fibras al mismo tiempo.

El hacer cables de fibras vemos que tiene su sentido para aumentar las propiedades mecánicas y, al mismo tiempo, aprovechar para colocar varias fibras juntas, pero no sólo eso. Siempre hemos insistido que un punto crítico de las fibras eran los empalmes. Pues bien, la disposición de las fibras en los cables colabora también en el momento de la unión.

Las uniones hay que hacerlas con los generadores de luz, con los receptores de luz y entre las propias fibras. En las uniones hay que tener mucho cuidado a la hora de enfrentar una sección con otra a fin de que no se produzcan grandes pérdidas. También hay que tener en cuenta que al enfrentar dos caras siempre dejamos una película de aire entre ambas y que el aire tiene otro índice de refracción; para obviar esto se sumerge el empalme en un líquido que tenga el mismo índice de refracción que las fibras. Actualmente se utilizan también unos conectores que se encargan de la unión de las fibras y que producen unas pérdidas inferiores a 1 dB, lo cual es bastante razonable.

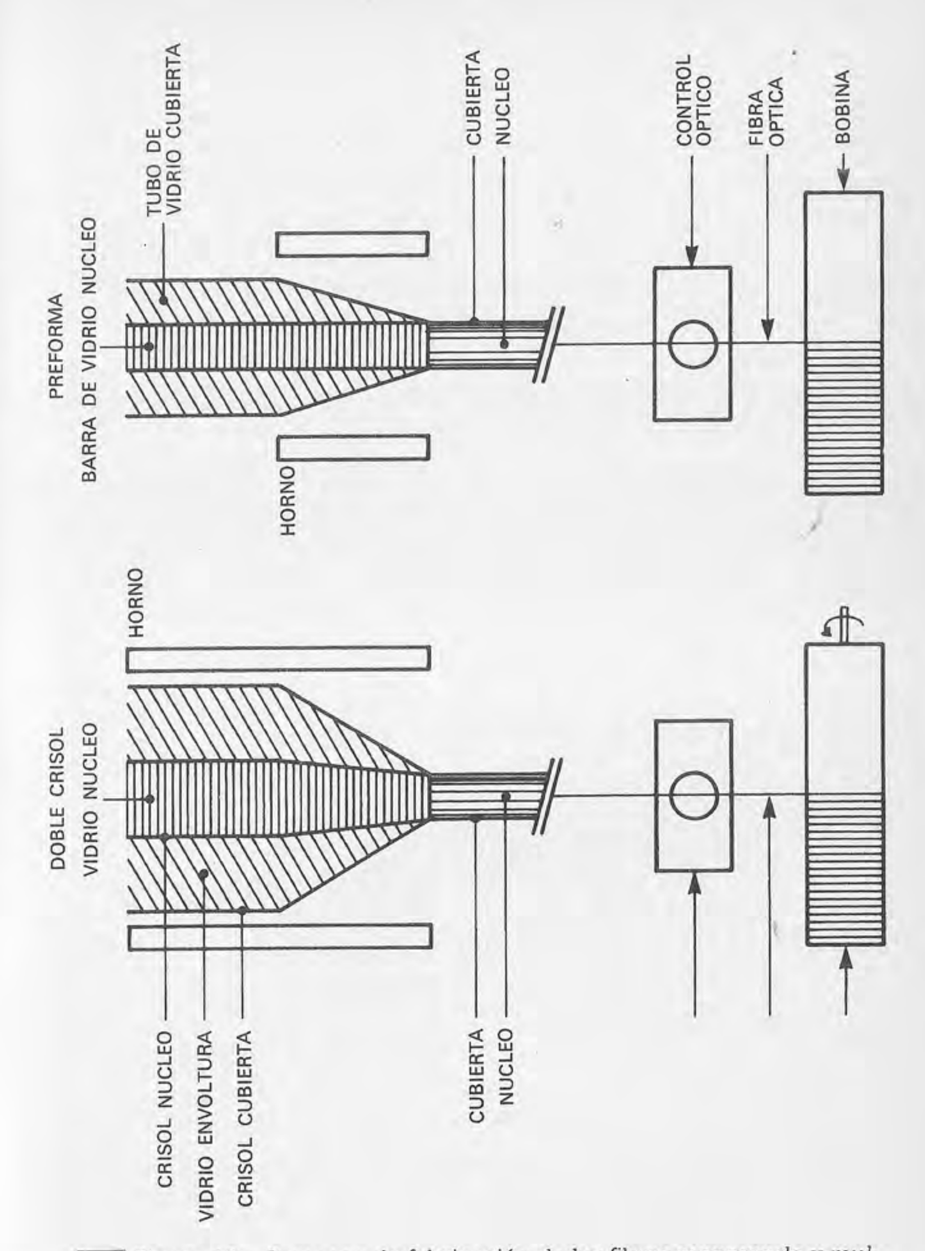


Figura 13.—Procesos de fabricación de las fibras monomodo y multimodo. La diferencia fundamental entre ambos métodos estriba en el uso o no de crisoles, lo que determina más o menos impurezas dentro de la fibra.

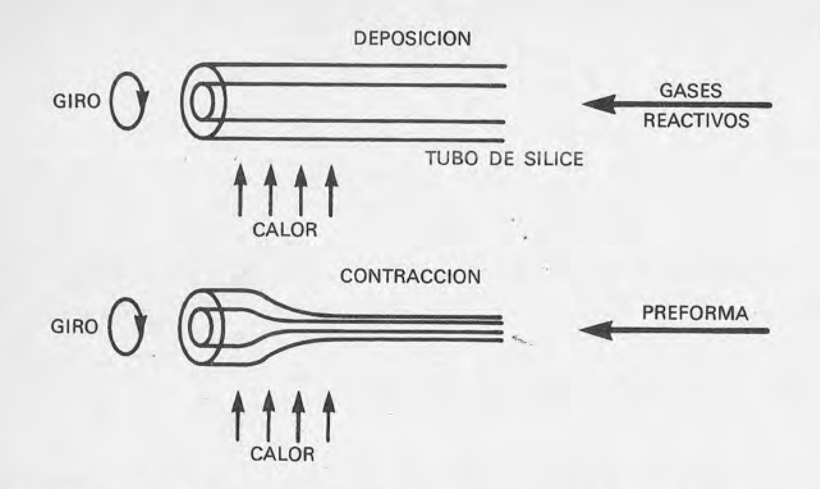


Figura 14.—La fabricación de fibras de índice gradual se realiza por deposición química de agentes dopantes y con posterior estiramiento.

En la figura 15 vemos distintos tipos comerciales de fibras ópticas.

Los generadores y receptores ópticos

Ya hemos visto que la luz que se podía modular tenía que ser coherente como la del láser y que los lásers utilizados en comunicaciones eran de gas o de semiconductor.

Son muy utilizados los diodos generadores de láser de arseniuro de galio (Ga As) que emiten con una potencia de unos pocos mW y que se conectan a las fibras monomodo. El punto de unión es muy crítico, ya que estamos hablando de unas 10 micras.

Estos lásers pueden modularse directamente controlando la corriente de bombeo.

Si necesitamos potencias superiores podemos emplear láser de ND:YAG, que nos dará una potencia de algunas decenas de watios. También se engancha a las fibras monomodo, pero ya no puede modularse directamente, y hay que recurrir a moduladores ópticos, o bien a que el láser nos de una señal continua y que el modulador actúe como un interruptor de impulsos.

En la figura 16 podemos ver las dos formas citadas de modular un láser: continua y en autooscilación.

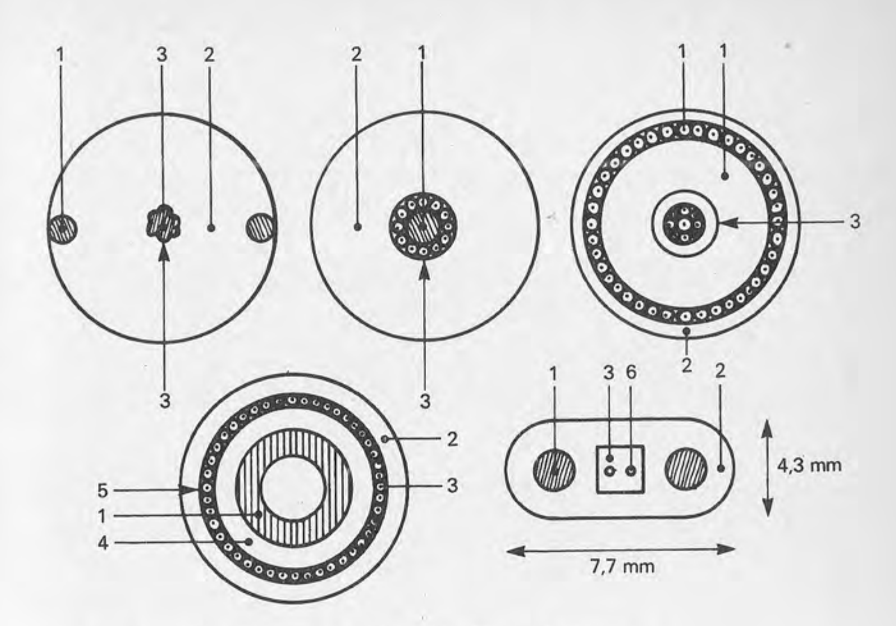


Figura 15.—Tipos de cables de fibras ópticas:
1. Refuerzo.
2. Polimetileno.
3. Fibra óptica con cubierta.
4. Politeno esponjoso.
5. Cinta de aluminio.
6. Cavidad interior.

Además del láser podemos utilizar otras de fuentes de luz, no tan perfectas pero válidas para algunas aplicaciones. Nos estamos refiriendo a los diodos electroluminiscentes (diodos emisores de luz), que emiten una luz casi coherente y con muchos modos, por lo que su empleo es adecuado en las fibras multimodo. Se modulan controlando la corriente de conducción, y por tanto fácilmente, aunque la potencia que entregan es de sólo algunos mW. Estos diodos se pueden acoplar a la fibra directamente o bien mediante un acoplamiento óptico.

Las figuras 17 y 18 nos muestran la detección y la generación de señales ópticas mediante diodos sensibles a la luz, tanto con acoplamiento óptico como directamente a la fibra.

Como receptores de la luz transportada por la fibra se utilizan, pues, los diodos fotodetectores, fundamentalmente por su reducido tamaño y su fácil manejo. Dos son los tipos de fotodetectores utilizados:

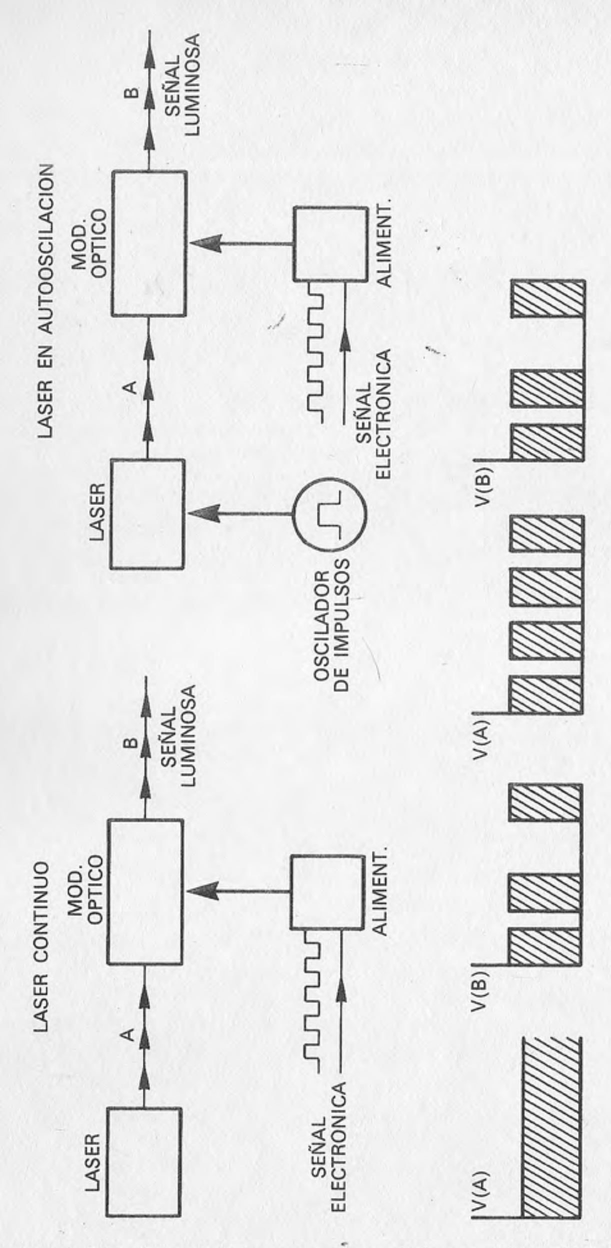


Figura 16.—Vemos dos formas de modular un láser. En la primera, una señal electrónica modula directamente el láser; en la segunda, el láser funciona como generador de impulsos y la modulación actúa como un interruptor de impulsos.

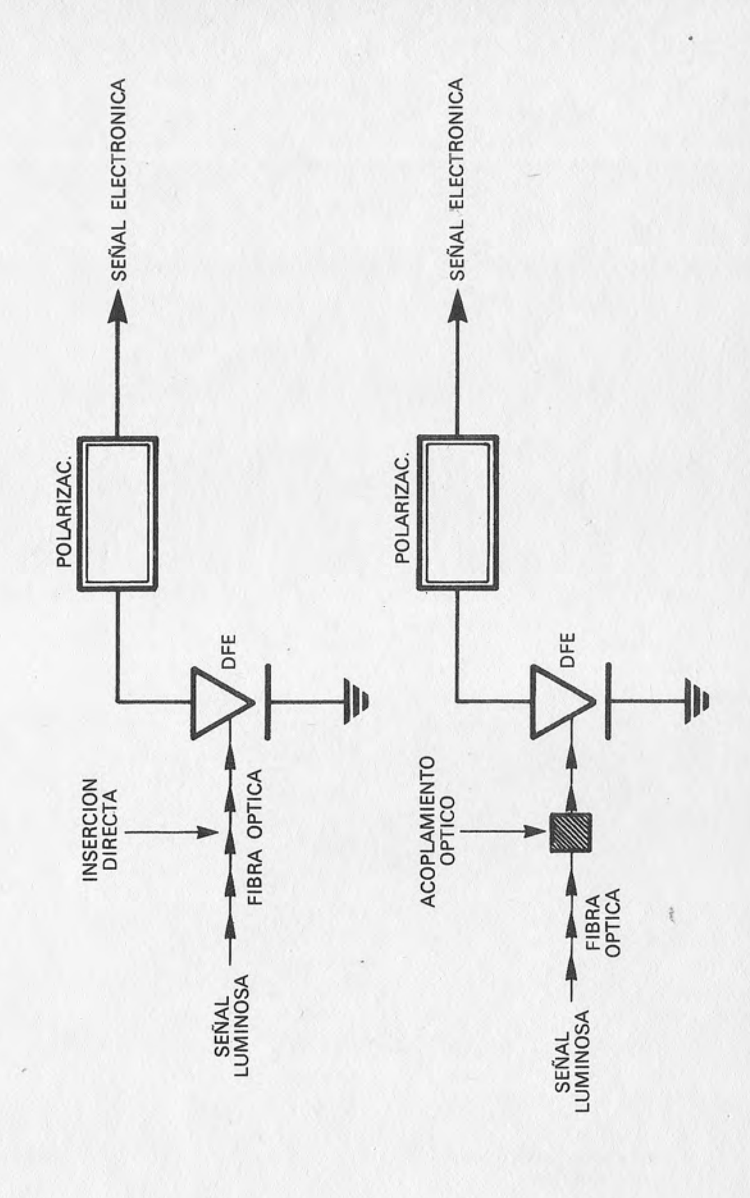


Figura 17.—Sistema de detección mediante diodos. La señal óptica es convertida en electrónica excitando a un diodo. La adaptación a la fibra puede hacerse directamente o con acopladores ópticos.

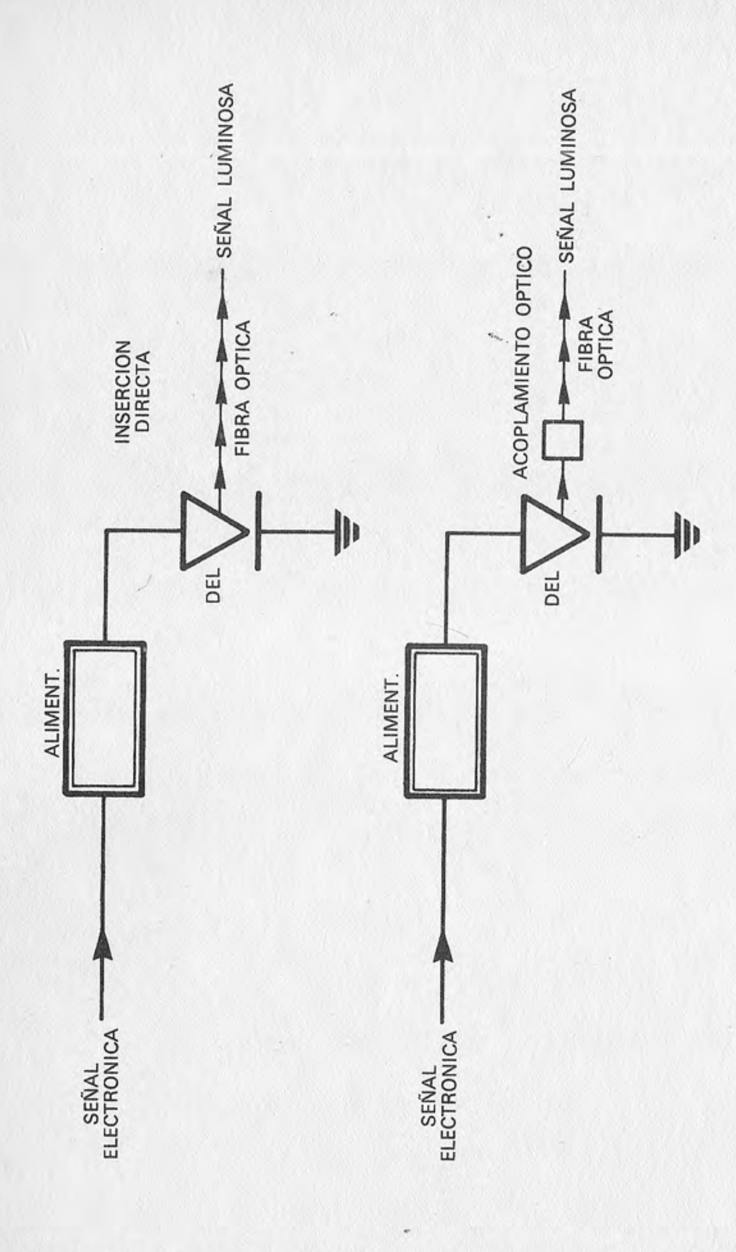


Figura 18.—La señal electrónica controla la corriente de alimentación y modula la emisión de luz del diodo. Podemos acoplarnos a la fibra óptica directamente o bien mediante un acoplador óptico.

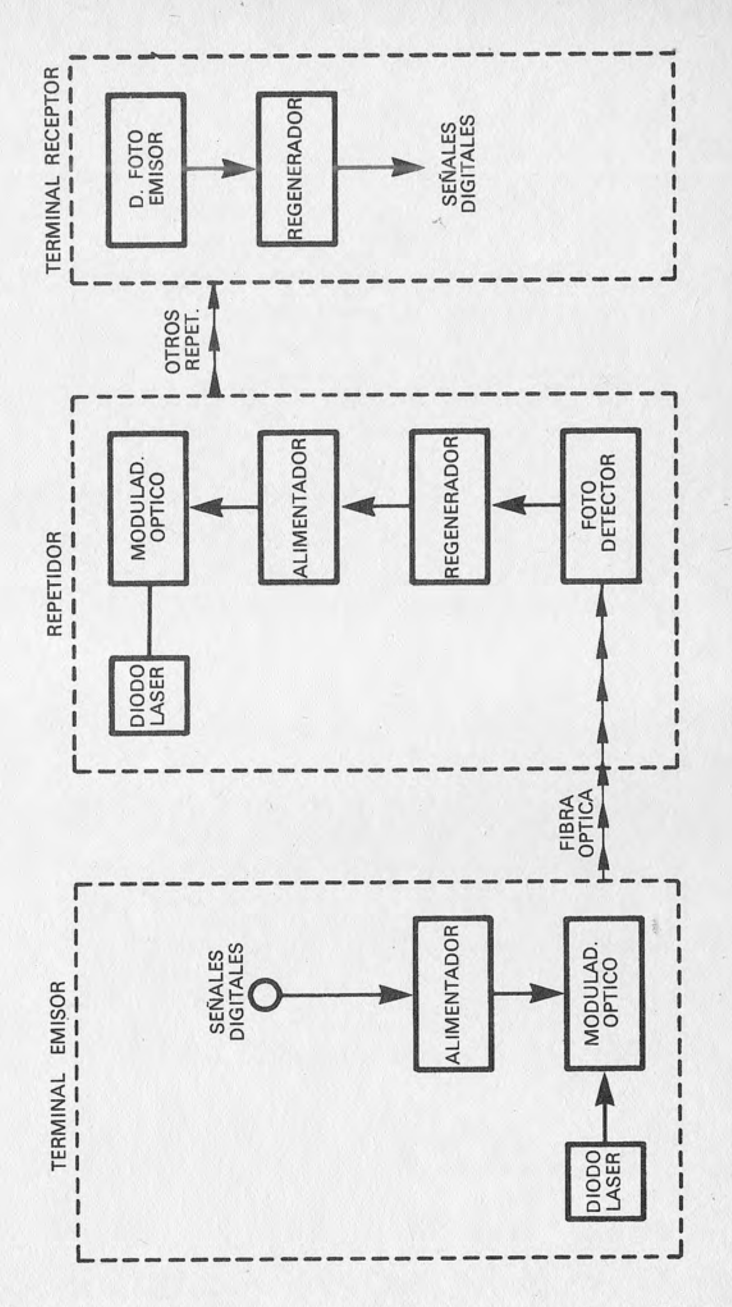


Figura 19.—Sistema de transmisión óptica con diodo láser como equipo emisor. En este caso el repetidor está basado en el láser.

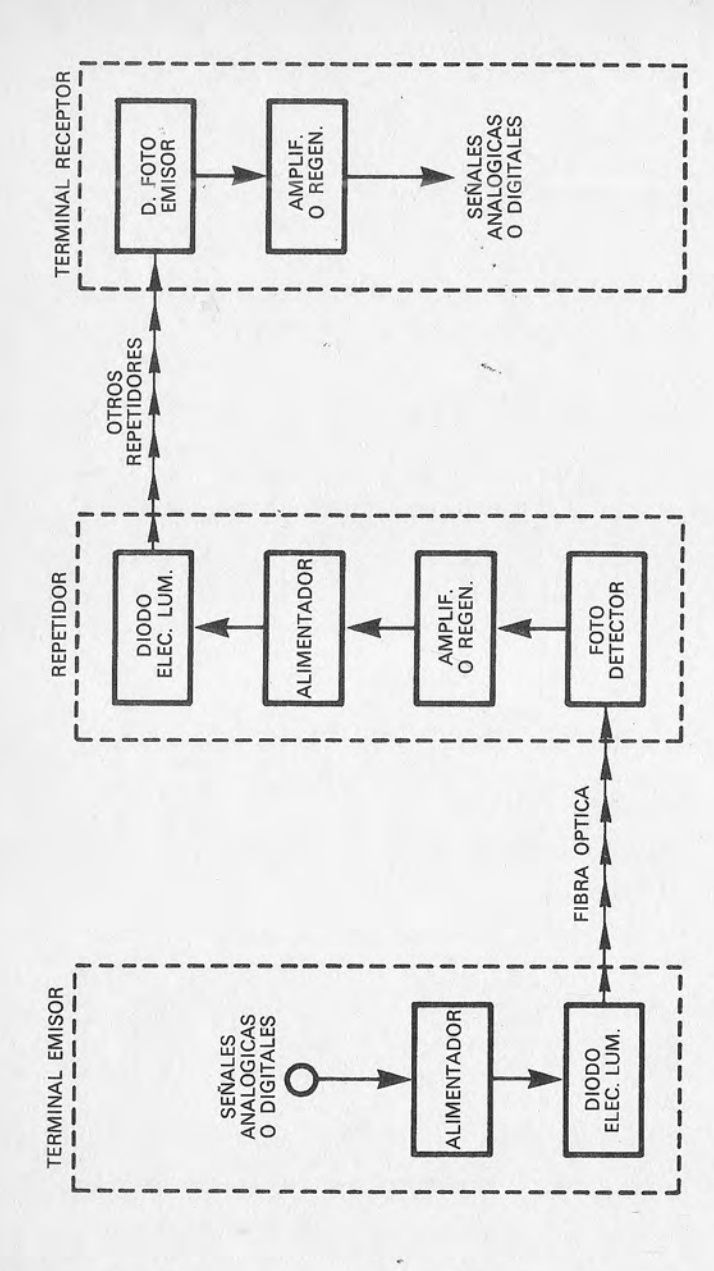


Figura 20.—Cuando la distancia entre emisor y receptor es grande se hace necesario el uso de repetidores. En este caso se usan repetidores basados en diodos.

- Los PIN, que tienen tensiones de polarización bajas (15 ó 30 V) y que entregan un número de electrones que depende de su eficiencia cuántica.
- Los diodos de avalancha, cuyas tensiones de polarización son elevadas (150 a 300 V) cercanos a la tensión de ruptura y que, al trabajar, por efecto de avalancha, entregan más electrones que los que le corresponden por eficiencia cuántica.

Se utilice el que se utilice hay que tener en cuenta que el propio fotodetector generará un ruido y por tanto habrá que poner un amplificador de bajo ruido para no estropear demasiado la señal.

A veces la distancia a que queremos llevar la señal es grande y necesitamos entonces poner repetidores. Estos repetidores llevan un conjunto que detecta la señal óptica, la convierte en señal electrónica que se regenera, amplifica y a continuación se vuelve a convertir en óptica modulando un láser o un diodo luminiscente.

Las figuras 19 y 20 nos muestran los sistemas de retransmisión óptica basado en láser y en diodos electroluminiscentes. La filosofía es la misma en ambos casos, aunque ligeramente más complicada en el caso del láser por la tecnología.

CAPITULO VII

REDES LOCALES COMERCIALES

En este capítulo describiremos las características de algunas redes locales comerciales. Hablamos de Omninet por tener innumerables instalaciones. ¿Cómo no íbamos a decir unas palabras de Ethernet, que de la mano de Xerox fue pionera en este campo, con excelentes prestaciones, aunque el número de instalaciones no la acompañase? Se quiera o no, hablar de redes locales implica hablar de IBM, por eso damos una pequeña panorámica de las redes adoptadas oficialmente por el gigante azul. Un pequeño cuadro comparativo entre las diversas redes del mercado pone fin al capítulo.

Omninet

Esta red local está fabricada por CORVUS, empresa que inicialmente se dedicó a la fabricación de discos para micros y posteriormente de micros.

La red puede conectarse a un gran número de equipos del mercado como CORVUS, APPLE, IBM, DIGITAL, NCR, SONY, BULL, FUJITSHU, TEXAS INSTRUMENTS, ZENITH.

La comunicación entre estaciones se hace mediante un bus RS-422 a 1 Mbps con distancia entre nodos de 300 metros y algunos kilómetros de longitud de red.

El acceso es del tipo CSMA sin detección de portadora; utiliza un tiempo aleatorio para empezar a transmitir en cada nodo. El nivel físico y el de control de acceso están integrados en un chip VLSI que forma parte de la tarjeta de comunicaciones. La

figura 1 nos muestra un ejemplo típico de la red con sus elementos.

La red suministra los siguientes elementos:

— Discos de almacenamiento: Omnidrive Disco
— Compartidor de impresoras: Printer Server
— Backup en cinta
— Servidores de comunicaciones tipo 3270
— Manipulador de Software.

- Omnidrive disco

Cada disco suele tener una capacidad de 45 Mbytes y pueden conectarse varios a la red. El disco que contiene los ficheros puede ser dividido en volúmenes, y cada uno de éstos puede estar formateado en un sistema operativo diferente. Así podemos tener:

APPLE II E en DOS 3.3, PASCAL 1.0 en CPM 80
IBM PC y XT en DOS (diversas versiones)
DEC RAINBOW 100 en DOS 2.2, y CPM 86
TI PROFESSIONAL en DOS 1.25
ZENITH Z-100
MACINTOSH
CORVUS CONCEPT en CCOS, UCSD P-SYSTEM

Los usuarios de una red OMNINET tienen muchas posibilidades, tales como revisar y corregir un informe hecho en otro nodo, cálculos de datos financieros en una hoja electrónica que podrá analizar otro usuario... En definitiva, se pueden compartir ficheros y programas y acceder a una base de datos común conectada o no a un mainframe.

- Compartidor o servidor de impresoras

Cada servidor de impresoras tiene dos conexiones serie y una paralelo: en total tenemos la posibilidad de conectar tres impresoras a la red. Cuando un nodo tiene que imprimir lo lanza a la red y el servidor de impresión gestiona todas las operaciones. Cuantas más impresoras se necesiten conectadas a la red más servidores de impresión necesitaremos colocar. Como ejemplo diremos que las tres impresoras que se pueden conectar a la primera unidad pueden dar servicio a más de 60 nodos.

- Backup en cinta

El Bank, como le llama Corvus, tiene en su interior su propio servidor, por lo que se puede conectar directamente a la red. Su uso habitual es hacer copias de seguridad del "Omni drive disco", ya que puede almacenar hasta 200

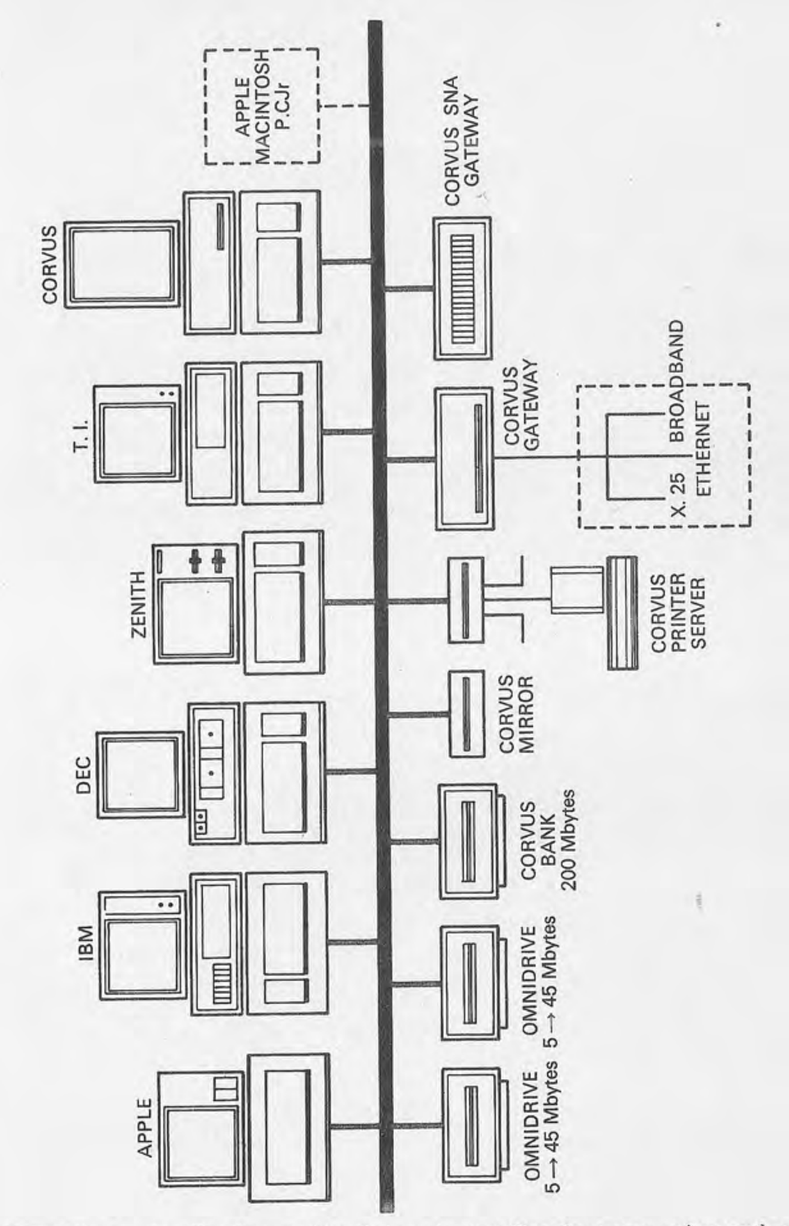


Figura 1.—Configuración típica de red Omninet con microordenadores de distintas marcas y modelos. Abajo, las utilidades de la red, incluyendo antiguos sistemas como el mirror o futuros como conexión a X.25 y Ethernet.

Mbytes en una sola cinta (existen cintas de 100 Mybtes). También se puede acceder a los datos almacenados en un tiempo inferior a 10 segundos (en las cintas de 200 Mbytes).

Algunas de las características son:

Velocidad de la cinta	5,5 m/seg
Formato de grabación	MFM
Velocidad de transferencia	1 Mbps
Densidad de grabación de datos	4620 Bpi
Número de pistas	101
Densidad de grabación de pista	245 Tpi
Errores de Soft	<1 en 10 elevado a 8
Errores de Hard	<1 en 10 elevado a 11

En la figura 2 podemos ver una configuración con los elementos de backup (o copias de seguridad o almacenamiento de reserva).

- Servidor de comunicaciones

Su nombre es SNA Gateway, que indica que es capaz de dar acceso a redes tipo SNA. Su misión es poder conectarse a grandes ordenadores e integrar la red local dentro del proceso distribuidor de éstos. Conectados a un Host (gran ordenador) podemos realizar las siguientes misiones:

— extracción de ficheros centrales para el manejo en área local;
— correo electrónico interactivo entre el área local y el ordenador central;
— acceso a las aplicaciones del Host y a sus bases de datos mediante un emulador de protocolo 3270;
— entrada de datos al ordenador principal a través de la red local.

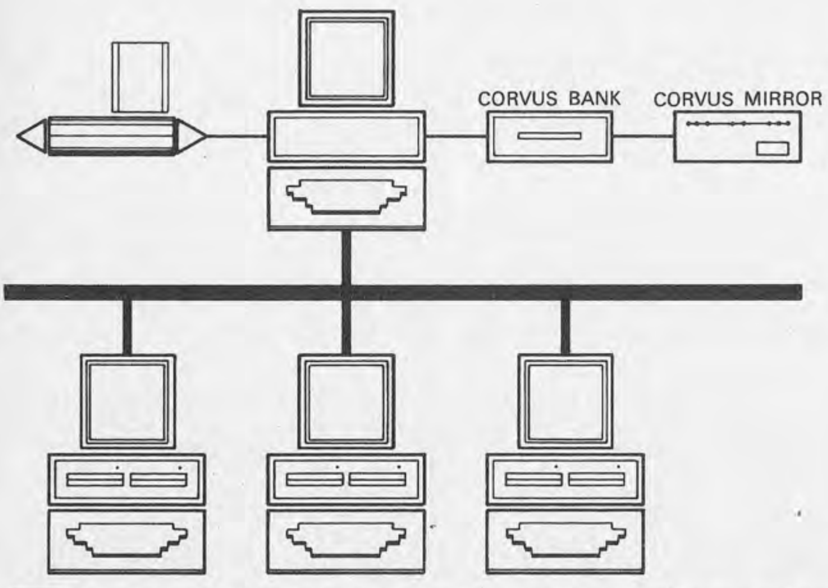


Figura 2.—El almacenamiento masivo se hace con el Corvus Bank (200 Mb) o con el Corvus Mirror.

Este servidor de comunicaciones tiene una cierta complejidad de hardware, ya que incorpora dos microprocesadores: el Z-80, que soporta el protocolo SDLC y el RS-232 para el acceso al SNA; y el potente microprocesdor MC 68000, que se encarga de los protocolos de alto nivel del SNA.

El SNA Gateway es en realidad, una combinación del hardware desarrollado por Corvus Systems (compañía que desarrolló OMNINET) y del software de SYSTEMS CENTER (compañía que desarrolló el software de SNA Gateway; es un producto bastante completo, puesto que las utilidades en cuanto a programación arriba mencionadas no necesitan de modificaciones en la programación ni del micro ni del ordenador central.

Permite también, por ejemplo, emulación de 3278 y 3279, soporta IMB NPDA (Network Problem Determination Aid), etc.

La figura 3 nos muestra un ejemplo de conexión de la red con un Host externo.

- Manipulador de software

Constellation II es el sofisticado gestor del software de la red. Permite que ordenadores con distintos sistemas operativos se conecten a la red y el envío de ficheros de unos a otros.

Constellation II es conjunto integrado de programas que permiten las siguientes operaciones:

— Gestión de ficheros: el usuario principal define cuántos usuarios habrá en la red y asigna los recursos de que puede disponer cada uno. También organiza los espacios en disco, en lo que denomina volúmenes, que pueden ser de hasta 16 Mybtes. Los volúmenes pueden ser públicos, privados y compartidos.
— Seguridad de datos: controla el uso del Omnidrive (unidad de almacenamiento descrita anteriormente) me-

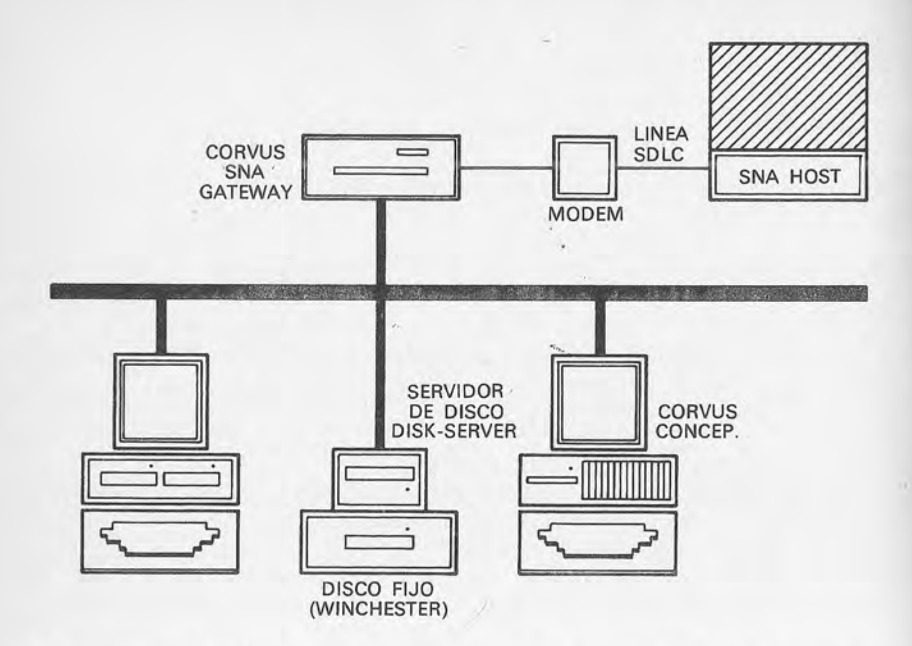


Figura 3.—Uso de las posibilidades de conexión de la red Omninet a un ordenador grande mediante el SNA Gateway.

diante el uso de ciertos semáforos que permiten o no el uso de los distintos volúmenes.

— Mantenimiento: la propia red prevé un sistema de mantenimiento de datos mediante el uso del Bank (ya descrito) y otro sistema de chequeo de la red local.

— Manejo con menús: la red se configura y reconfigura por medio de menús de usuario, por lo que el manejo es sencillo y no se requieren manos muy expertas para manejar la red.

Ethernet

Quizá sea la más famosa de todas las redes locales. Inicialmente fue desarrollada por Rank Xerox (en 1973) y, posteriormente, en 1980, llegó a un acuerdo con DEC e Intel para establecer toda la normativa de la red.

Algunas de sus características son las siguientes:

La red usa codificación de la señal tipo Manchester en banda base a una velocidad de transmisión de 10 Mbps. El método de acceso utilizado es el CSMA/CD ya estudiado en anterioress capítulos. La máxima separación entre nodos puede llegar hasta 2,5 kilómetros y normalmente se utilizan repetidores de señal. El medio físico utilizado es cable coaxial de 50 ohmios. El máximo número de nodos es de 1024.

Veamos así los siguientes componentes:

- Etherlink. Cada PC de usuario debe llevar un módulo de este tipo. Contiene las conexiones necesarias para la línea y utiliza circuitos VLSI (EDLC Ethernet Data Link Controller) para ocupar poco espacio y abaratar costes (Fig. 4). El módulo es una tarjeta que se conecta interiormente a cada PC de TI, admite conexión al cable típico de Ethernet o bien a su versión flexible "Thin".
- Ethershare. Se encarga de manejar los discos de la red. Permite que varios nodos compartan un mismo disco que puede ser dividido en volúmenes de tamaño variable. El acceso puede ser privado, público y compartido Fig. 5). Un PC debe ser utilizado por el manipulador de discos.
- Etherprint. Servidor de impresora; evita que cada nodo tenga obligatoriamente su impresora, pero permite el uso desde cada uno de ellos. Un PC debe ser destinado a contro-

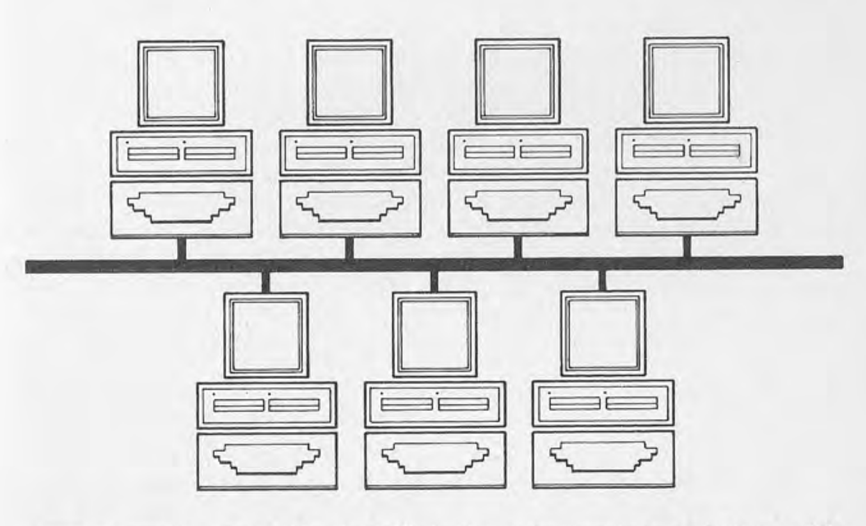


Figura 4.—Conexión de PCS de Texas formando la red Etherseries.

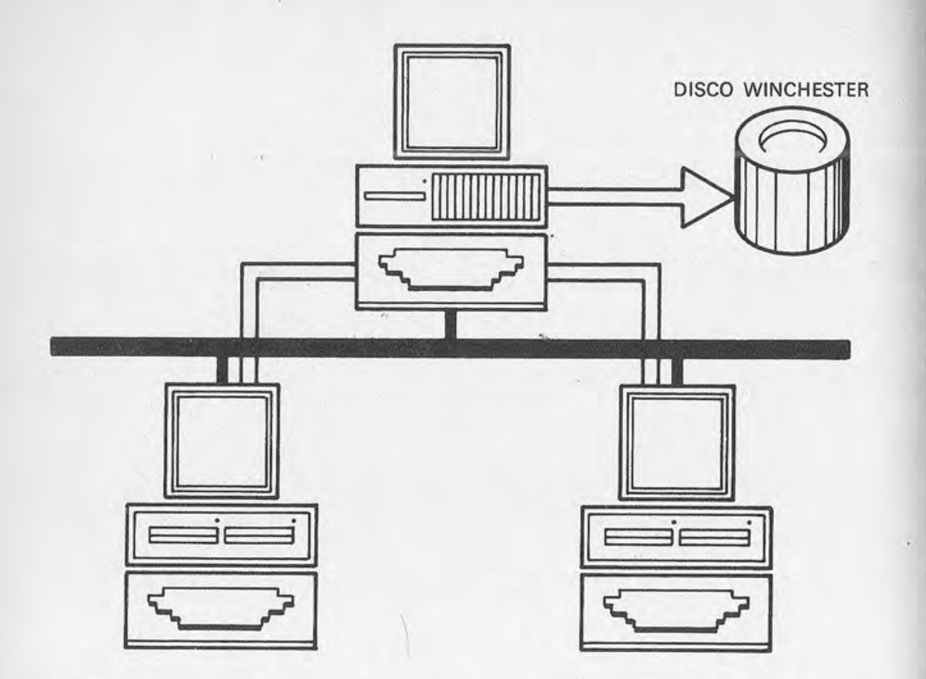


Figura 5.—Utilidades de la red Ethernet del PC de Texas Instrument. Permite compartir disco y hacer particiones (64 Kb hasta 32 Mb). El acceso puede ser privado, público y compartido. Pueden usarse varios servidores de disco simultáneamente.

lar las funciones de colas de impresión. Pueden conectarse diversos tipos de impresoras a este módulo. La figura 6 muestra una realización del servidor de impresoras.

- Ethermail. Correo electrónico; permite enviar mensajes de un nodo a otro. Un sistema de comandos permite enviar selectivamente el correo de unas terminales a otras. Un PC debe ser utilizado para el control del correo electrónico como se ve en la figura 7.

CLUSTER (IBM)

Es una pequeña red que permite la conexión de 64 PCs, pero de limitadas prestaciones. La velocidad de transferencia es de 256 Kbps, transmite en banda base a través de un cable coaxial; lo más a resaltar de esta red es su bajo coste.

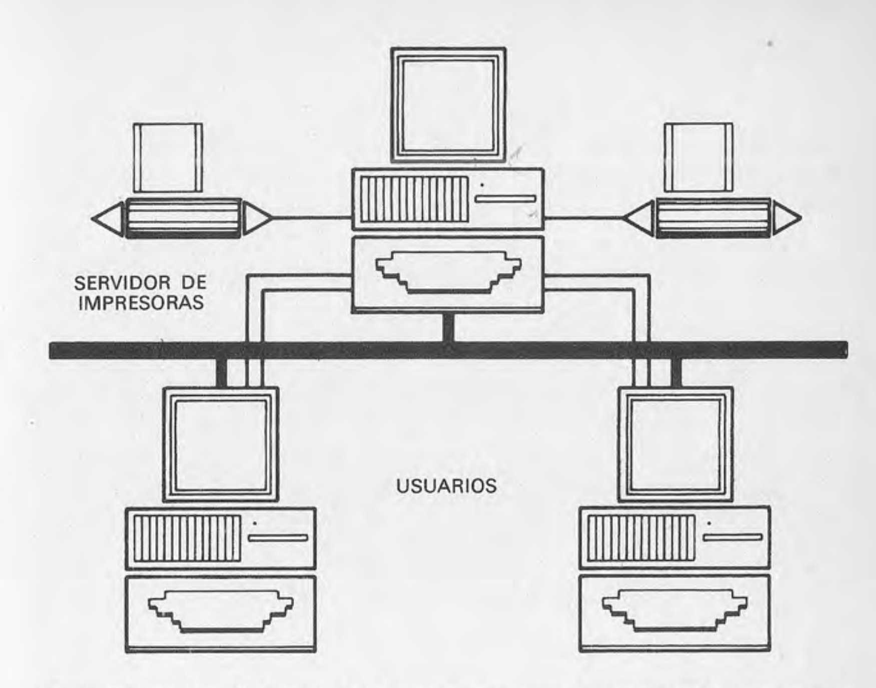


Figura 6.—El servidor de impresoras permite compartir impresoras a los usuarios.

PC NETWORK (IBM)

Por encargo de IBM la compañía Sytek de Mountain View (Silicon Walley) ha desarrollado la red PC NETWORK. Está basada en la red Local Net (también de Sytek), pero con algunas modificaciones.

La red Local Net es una red pensada para muchos miles de conexiones y trabaja en banda ancha; esto supone unos modems de alta frecuencia a precios muy elevados. Por esta razón IBM pidió unas reformas a medida a fin de ajustar el precio, así la red PC NETWORK sólo puede conectar algunas decenas de PC y trabaja en una única banda a unos 2 Mbps.

Dado que el PC de IBM lleva un microprocesador 8088 trabajando a 4.77 Mhz no parecía muy adecuado para gestionar la red, así que se diseñó una tarjeta con circuitos VLSI especiales para acceder a la red. Esta tarjeta gestiona ella sola cinco de los siete niveles del estándar OSI, dejando sólo al PC que gestione el nivel de presentación y el de aplicación.

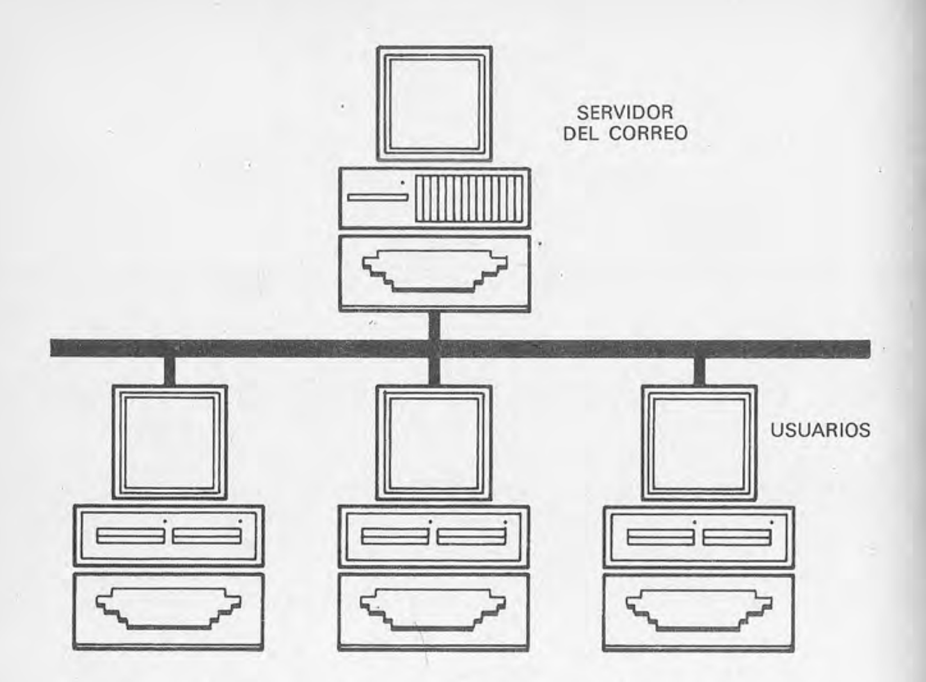


Figura 7.—Permite el correo electrónico a lo largo de la red.

La transmisión se hace en banda ancha, al contrario que se hacía en Omninet y en Ethernet, que utilizaban la banda base. El cable que se utiliza es el del TV de 75 ohmios (ya se estudió en su momento) y las señales viajan por este cable moduladas gracias a un modem de RF que transmite por una frecuencia y recibe por otra superior. Como método de acceso se utiliza el CSMA/CD, al igual que Ethernet (recordemos que Omninet usa CSMA sin CD).

En el nivel de enlace utiliza el protocolo LAP, que se encarga de la estructuración de los paquetes; además controla un CRC de 32 bits para el control de errores. A nivel de red la Network posee un protocolo, el PTP (Packet Transfer Protocol), que puede permitir incluso el control de varias redes Network, aunque inicialmente no se ha utilizado esta propiedad.

A nivel de transporte dispone de un protocolo RSP (Reliable Stream Protocol) que permite a un nodo establecer una conexión virtual garantizada con otro. Aunque de no tan excelentes prestaciones, hay otro protocolo no tan sofisticado como el anterior en tanto que no garantiza tan exactamente la conexión: se trata del DTP (Datagram Transport Protocol).

El nivel de transporte, también integrado en la placa de interface (soporta 5 niveles), tiene también sus respectivos protocolos NMP (Name Management Protocol), SMP (Session Management Protocol) y DMP (Diagnostic and Monitoring Protocol).

A pesar de que los 2 Mbps son cortos frente a los 10 de Ethernet, las prestaciones son buenas debido a que la placa con VLSI ejecuta excelentemente su trabajo.

Red IBM en anillo con fase de señal

Esta red de fabricacón IBM (Texas colabora en el diseño de chips) se basa en acceso por fase de señal. En una configuración de este tipo no puede haber colisiones, la velocidad es alta, permite un gran número de estaciones de trabajo, es posible un sistema de prioridades y la fiabilidad es alta.

La topología es en anillo lógico, pero con estrella física, según se ve en la figura 8.

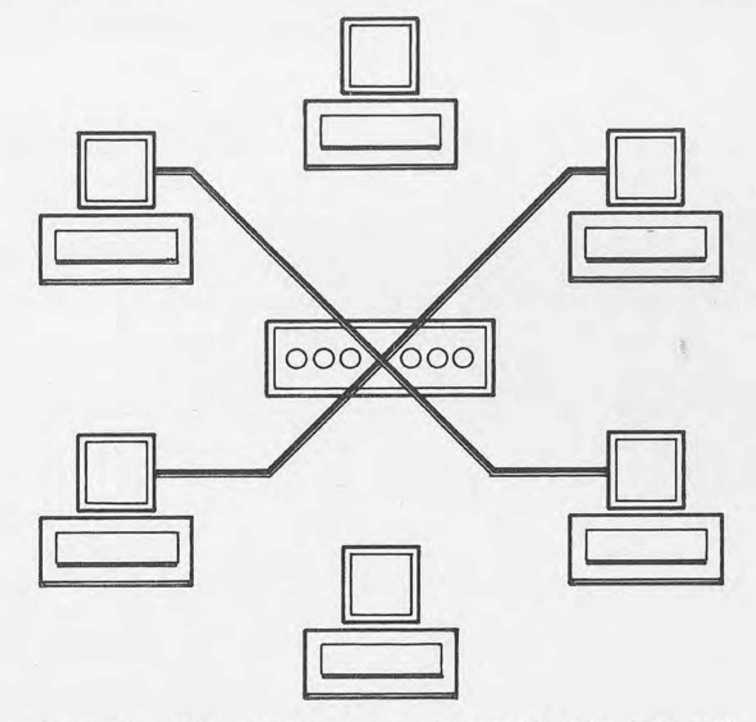


Figura 8.—Red en anillo con pase de señal. Estrella física-anillo lógico.

Aunque en principio los anillos no se adaptan bien a las conexiones dentro de un edificio ni tampoco a las ampliaciones, un sistema especial de IBM permite lograr esto sin dificultad. En la figura 9 podemos ver un ejemplo de cableado en el interior de un edificio. La disposición presentada es interesante por la facilidad de ampliación del anillo, reubicación de una estación y por el aislamiento de fallos. Entre las funciones de red que presenta podemos destacar:

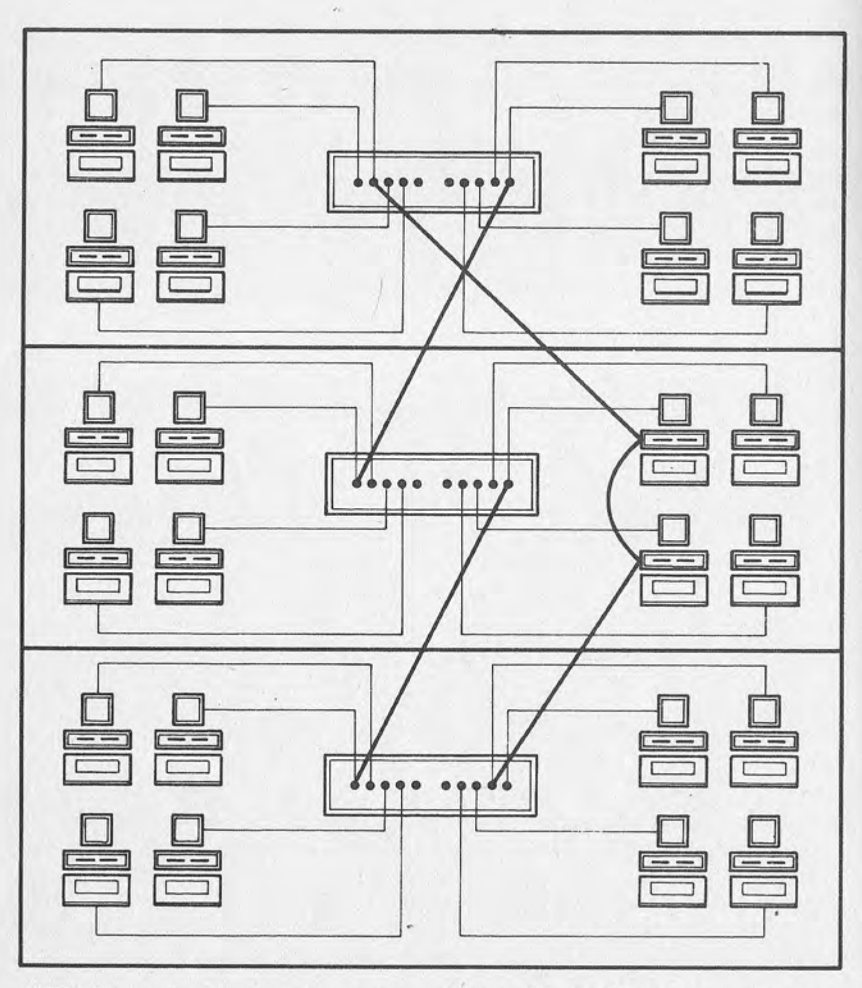


Figura 9.—Unidad de acceso multiestación. Facilidad de: ampliación del anillo, reubicación de estación, aislamiento de fallos.

- diagnóstico de encendido e inserción en el anillo;
- prueba de inserción y detección de fallos;
- detección de pérdida de señal y soporte de prueba automática y retirada;
- funciones de monitor activo y en espera;
- detección e informe de errores de transmisión;
- identificación de fallos que necesitan corrección manual.

La figura 10 nos muestra cómo se puede separar un nodo de la línea bien por avería o porque deja de operar en la red. Unidades multiestación permiten conectar varios PC en un mismo punto de la red. En caso de avería en la línea, ésta puede ser convenientemente aislada, y por tanto, la red puede seguir funcionando, como sucede en la figura 11.

La red dispone de puertas de comunicación con el exterior, así podemos conectarnos a Host tipo 43xx y 30xx mediante emuladores del protocolo 3270 con redes tipo SNA o SDLC. En la figura 12 se observa una realización que incluye la forma de cerrar el anillo. En la 13 podemos observar una configuración completa de conexión de red con otros dispositivos.

Cuadro comparativo de R.L.

En el siguiente cuadro (Fig. 14) se comparan algunas características de diversas redes, unas descritas y otras no.

UNIDADES MULTIESTACION
FALLO
APAGADO

Figura 10.—Desconexión de terminales. Fallo en PC y otro apagado.

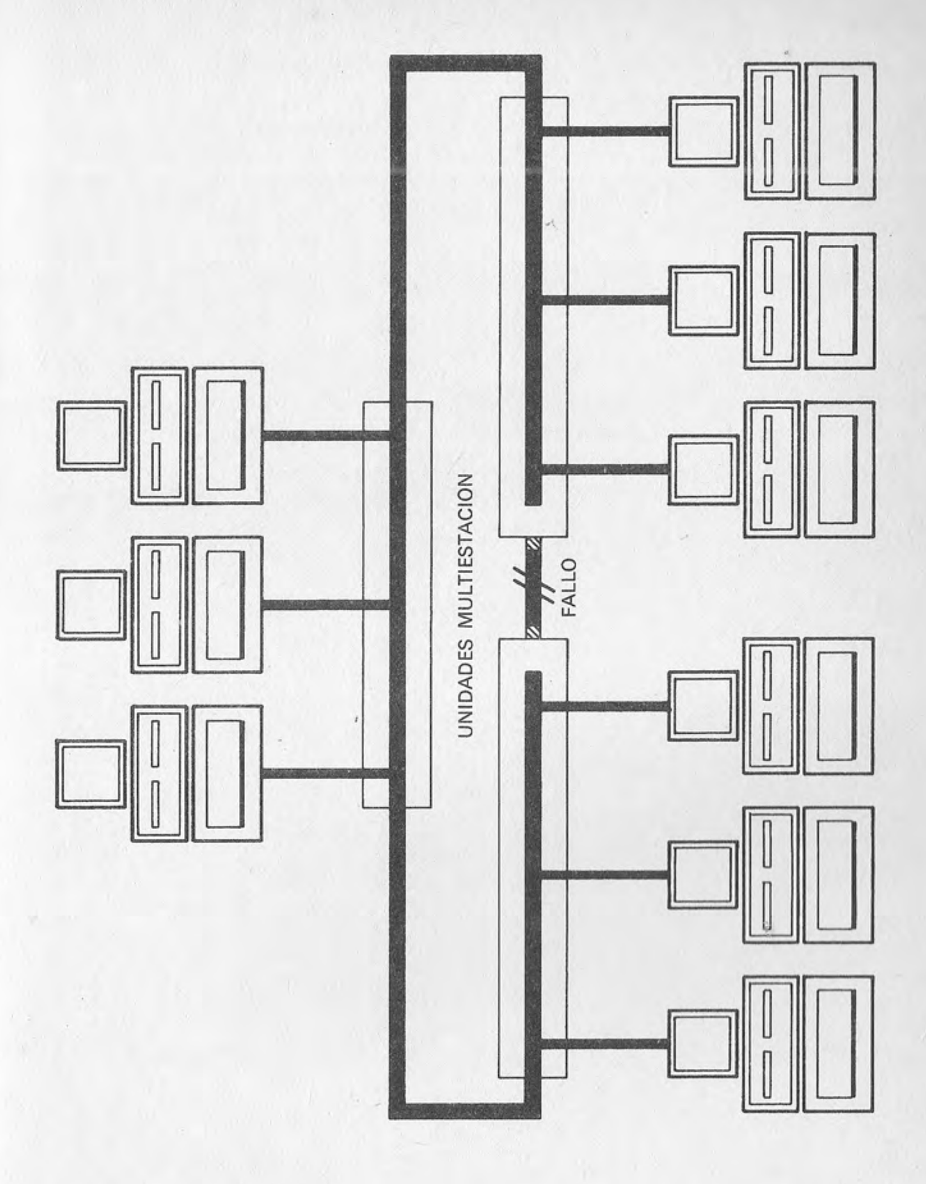


Figura 11.—Cierre del anillo en caso de avería en la línea. Fallo de la línea subsanado.

HOST
3270
43xx
30xx
SNA
SDLC
UNK

Figura 12.—Acceso a ordenador principal. Se forma un anillo lógico.

SERVIDORES
DE DISCO E
IMPRESORA
OTRO
PC
(NO IBM)
S/370 GATEWAY
S/370 GATEWAY
PC NET
TR NET
GATEWAY
OTRO
PC
(NO IBM)
S/1 SERVER
LU 6.2
PC NETWORK

Figura 13.—Resumen de puertas. Red completa con múltiples conexiones.

COMPARACION DE REDES LOCALES

CARACTERISTICA	IBM CABLE	PC CLUSTER	PC NET	INDUSTRIAL LAN	E THERNET	ARC NET
	TRANSMISION	BANDA BASE	BANDA BASE	BANDA ANCHA	BANDA ANCHA	BANDA BASE
MEDIO	PAR	75 Ω COAXIAL	CA. TV	CA. TV	COAXIAL	COAXIAL
TOPOLOGIA	ESTRELLA-ANILLO	BUS	ARBOL	BUS	BUS	BUS
ACCESO	TOKEN RING	CSMA/CA	CSMA/CD	TOKEN BUS	CSMA/CD	TOKEN
VELOCIDAD	4-16 Mbps	375 kbps	2 Mbps	5 Mbps	10 Mbps	2,5 Mbps
NUM. NODOS	ILIMITADO	64	1.000	ILIMITADO	1.024	255

	NET ONE	OMNINET	LAN/1
TRANSMISION	BANDA BASE	BANDA BASE	BANDA ANCHA
MEDIO	COAXIAL	PAR	COAXIAL
TOPOLOGIA	BUS	BUS	BUS
ACCESO	CSMA/CD	CSMA/CD	TOKEN
VELOCIDAD	10 Mbps	1 Mbps	25 Mbps
NUM. NODOS	1.024	64	255/canal

Figura 14.—Comparación de redes locales.

NOTAS



ealmente es difícil encontrar una publicación en castellano acerca de redes locales; a pesar de ello, las revistas especializadas nos invaden con un sinfín de artículos sobre el tema y los fabricantes sacan a la luz cada vez más productos: al usuario se le presentan montones de informaciones que no acierta a comprender.

La presente obra pretende tener un nivel de divulgación. Tanto es así que no presenta ni una sola fórmula en el texto: lo más complejo que se cita es y=sen (x) en alguna figura. Sin embargo, no por eso dejan de tocarse temas como espectros, transformada de Fourier o el funcionamiento del rayo láser: no existe concepto alguno que no pueda ser explicado sin tener que recurrir a formulismos que se escapen a la comprensión de los lectores.

Este libro dará al lector simplemente interesado en el tema una idea de la forma y manera en que los pequeños ordenadores pueden trabajar juntos; al usuario le iniciará en el conocimiento de las redes locales y es posible, incluso, que algún técnico pueda ver aclarados conceptos que, a pesar del uso diario, no había llegado a profundizar.

395 pts.
(incluido IVA)